

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНОЇ МАТЕМАТИКИ

Кафедра системного програмування і спеціалізованих комп'ютерних систем

До захисту допущено

Завідувач кафедри

(підпис) Віталій РОМАНКЕВИЧ
(ініціали, прізвище)

“ ____ ” червня 2020 р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

**за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерні системи та компоненти»
спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»**

на тему: Комп'ютерна система розпізнавання користувача за сітківкою ока

Виконав:

студент IV курсу, групи КВ-62
(шифр групи)

Козлов Геннадій Костянтинович
(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Керівник професор каф. СПіСКС, д. т. н., проф. Терейковський І.А.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультант з нормоконтролю, доц.каф.СПСКС, к.т.н. Клятченко Я.М.
(назва розділу) (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2020 року

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНОЇ МАТЕМАТИКИ

Кафедра системного програмування і спеціалізованих комп'ютерних систем

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

Освітньо-професійна програма «Комп'ютерні системи та компоненти»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Віталій РОМАНКЕВИЧ
(підпис) (ініціали, прізвище)

«__» червня 2020 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студента

Козлова Геннадія Костянтиновича
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту «Комп'ютерна система розпізнавання користувача за сітківкою ока»,

керівник проєкту Терейковський Ігор Анатолійович, д.т.н., проф.каф.СПСКС,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «25» травня 2020 р. №1181-С

2. Термін подання студентом проєкту: дивись технічне завдання.

3. Вихідні дані до проєкту: Назва. Програмна система розпізнавання користувача за сітківкою ока.

4. Зміст пояснювальної записки: вступ; аналіз принципів розпізнавання графічних об'єктів; дослідження методів ідентифікації користувача за сітківкою ока; розробка програмного забезпечення; висновки; список використаних літературних джерел.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) презентація; структурні схеми: згоркова

нейронна мережа, штучні нейронні мережі; схеми алгоритмів: модифікований алгоритм навчання нейронних мереж, алгоритм паралельного навчання нейронних мереж.

6. Консультанти розділів проєкту*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормконтроль	Клятченко Я.М., доц.каф.СПСКС, к.т.н.	16.05.2020	21.05.2020

7. Дата видачі завдання 14.11.2019.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1.	Дослідження існуючої літератури за темою розробки	01.12.2019	
2.	Постановка технічного завдання	10.03.2020	
3.	Знаходження можливих рішень	11.03.2020	
4.	Написання першого розділу дипломного проєкту	15.03.2020	
5.	Написання другого розділу дипломного проєкту	22.04.2020	
6.	Створення графічної частини дипломного проєкту	15.05.2020	
7.	Оформлення документації дипломного проєкту	19.05.2020	
8.	Попередній огляд матеріалів дипломного проєкту на кафедрі	20.05.2020	

Студент

(підпис)

Геннадій КОЗЛОВ

(Ім'я та ПРИЗВИЩЕ)

Керівник проєкту

(підпис)

Ігор ТЕРЕЙКОВСЬКИЙ

(Ім'я та ПРИЗВИЩЕ)

* Консультантом не може бути зазначено керівника дипломного проєкту.

АНОТАЦІЯ

Даний дипломний проект присвячений розробці комп'ютерної системи розпізнавання користувача за сітковою оком. Для здійснення цієї розробки в роботі застосовується штучний інтелект, включаючи розділ машинного навчання. Ця модель буде вчитися ідентифікувати користувача за сітковою оком, опираючись на набори даних, що існують у вигляді бази зображень.

Вибір теми роботи та її актуальність обумовлена необхідністю, на сьогоднішній день, надійного захисту особистої інформації користувачів в різноманітних системах. Тобто, вона виконує автоматизацію ідентифікації людини в режимі реального часу або на фото та відео матеріалах, для створення додаткового надійного захисту інформації користувача.

Розроблена комп'ютерна система є додатком, що підтримує багато різних платформ з користувацьким інтерфейсом, що надає можливість роботи із пристроями введення, а саме веб-камерами та камерами, які підключені до пристрою, а також зображеннями та відеофайлами. Функціональність додатку забезпечує можливість завантаження медіафайлів або потоку даних, обробку їх системою та вивантаження результату, що містить інформацію про користувача.

Результатом роботи над дипломним проектом є: розроблена архітектура системи, користувацький інтерфейс та графічні елементи десктоп-додатку, створена глибока нейронна мережа, яка навчалась на великих наборах даних.

Ключові слова:

КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА ІДЕНТИФІКАЦІЇ КОРИСТУВАЧА, СІТКІВКА ОКА, ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ, ГЛИБОКЕ МАШИННЕ НАВЧАННЯ, PYTHON, TENSORFLOW.

ABSTRACT

This diploma project is dedicated to the development of a computer system for user recognition by the retina. To implement this development, artificial intelligence is used in the work, including the section of machine learning. This model will learn to identify the user by the retina based on data sets that exist as an image database.

The choice of the topic of work and its relevance is due to the need, to date, reliable protection of personal information of users in various systems. That is, it performs automation of human identification in real time or on photos and videos, to create additional reliable protection of user information.

The developed computer system is an application that supports many different platforms with a user interface that allows you to work with input devices, namely webcams and cameras connected to the device, as well as images and video files. The functionality of the application provides the ability to download media files or data stream, process them by the system and upload the result, which contains information about the user.

The result of work on the thesis project is: developed system architecture, user interface and graphical elements of the desktop application, created a deep neural network, which was studied on large data sets.

Keywords:

COMPUTER USER IDENTIFICATION SYSTEM, RETINAL EYE, ARTIFICIAL INTELLIGENCE, DEEP MACHINE LEARNING, PYTHON, TENSORFLOW.

Поз.	Формат	ПОЗНАЧЕННЯ	НАЙМЕНУВАННЯ	Кількість аркушів	№ прим.	Примітки
			<u>Документація загальна</u>			
			<u>Новорозроблена</u>			
A4	ІАЛЦ.045480.002 ТЗ	Комп'ютерна система розпізнавання користувача за сітківкою ока	Технічне завдання	4		
A4	ІАЛЦ.045480.003 ТП	Комп'ютерна система розпізнавання користувача за сітківкою ока	Відомість технічного проєкту	1		
A4	ІАЛЦ.045480.004 ПЗ	Комп'ютерна система розпізнавання користувача за сітківкою ока	Пояснювальна записка	53		
A4	ІАЛЦ.045480.005 Д1	Комп'ютерна система розпізнавання користувача за сітківкою ока	Згорткова нейронна мережа Схема структурна	1		
ІАЛЦ.045480.001 ОА						
Зм	Лист	№ докум.	Підп	Дата		
Розроб.	Козлов Г.К.				<div>Комп'ютерна система розпізнавання користувача за сітківкою ока</div> <div>Опис альбому</div> <div> Лім. Лист Листів <div></div> <div>1</div> <div>2</div> </div> <div>КП ім. Ігоря Сікорського, ФПМ, КВ-62</div>	
Перев.	Терейковський І.А.					
Н. контр.	Клятченко Я.М.					
Завв.	Романкевич В.О.					

Поз.	Формат	ПОЗНАЧЕННЯ	НАЙМЕНУВАННЯ	Кількість аркушів	№ прим.	Примітки
	A4	ІАЛЦ.045480.006 Д2	Комп'ютерна система розпізнавання користувача за сітківкою ока Модифікований алгоритм навчання Схема алгоритму	1		
	A4	ІАЛЦ.045480.007 Д3	Комп'ютерна система розпізнавання користувача за сітківкою oka Паралельне навчання Нейронних мереж Схема функціональна	1		
	A4	ІАЛЦ.045480.008 Д4	Комп'ютерна система розпізнавання користувача за сітківкою oka Штучні нейронні мережі Схема принципова	1		
		Диск CD-ROM	Текст ПЗ. Комп'ютерна Графічний матеріал.	1		
Zмін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ІАЛЦ.045480.001 ОА	
					Арк. 2	

ЗМІСТ

1. НАЙМЕНУВАННЯ ТА ГАЛУЗЬ РОЗРОБКИ.	2
2. ПІДСТАВА ДЛЯ РОЗРОБКИ.	2
3. ЦІЛЬ І ПРИЗНАЧЕННЯ РОБОТИ.	2
4. ДЖЕРЕЛА РОЗРОБКИ.	2
5. ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ.	2
5.1. Вимоги до програмного продукту, що розробляється.	2
5.2. Вимоги до апаратного забезпечення.	3
5.3. Вимоги до програмного та апаратного забезпечення користувача.	3
6. ЕТАПИ РОЗРОБКИ.	4

					ІАЛЦ.045480.002 ТЗ			
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Козлов Г.К.			Комп'ютерна система розпізнавання користувача за сітківкою ока Технічне завдання	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевірів		Герейковський І.А.					1	4
Н. контроль		Клятченко Я.М.				КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФПМ КВ-62		
Затвердив		Романкевич В.О.						

1. НАЙМЕНУВАННЯ ТА ГАЛУЗЬ РОЗРОБКИ

Назва розробки: «Комп'ютерна система розпізнавання користувача за сітківкою ока»

Галузь застосування: інформаційні технології.

2. ПІДСТАВА ДЛЯ РОЗРОБКИ

Підставою для розробки є завдання на виконання роботи першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, затверджене кафедрою системного програмування і спеціалізованих комп'ютерних систем Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

3. МЕТА І ПРИЗНАЧЕННЯ РОБОТИ

Метою даного проекту є створення комп'ютерної системи користувача за сітківкою ока з використанням відео чи фото файлів або в режимі реального часу.

4. ДЖЕРЕЛА РОЗРОБКИ

Джерелом інформації є технічна та науково-технічна література, технічна документація, публікації в періодичних виданнях та електронні статті у мережі Інтернет.

5. ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

5.1 Вимоги до програмного продукту, що розробляється

- ідентифікація користувача за зображенням;
- розпізнавання в реальному часі;
- класифікація за ім'ям користувача;
- збереження результату класифікації;

					ІАЛЦ.045480.002 ТЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

- наявність графічного інтерфейсу;
- можливість працювати без доступу до мережі;

5.2 Вимоги до апаратного забезпечення

- оперативна пам'ять: 4 Гб;
- відеокарта: неважливо;
- пам'ять відеокарти: 1 Гб;
- процесор: 2,4-ядерний;

5.3 Вимоги до програмного та апаратного забезпечення користувача

- операційна система Windows;

					ІАЛЦ.045480.002 ТЗ	Арк.
						3
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. ЕТАПИ РОЗРОБКИ

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів
1.	Видача завдання на дипломне проектування	13.11.2019
2.	Дослідження необхідної літератури	12.12.2019
3.	Постановка технічного завдання	10.03.2020
4.	Аналіз загальної структури програми	12.03.2020
5.	Розробка дизайну	18.03.2020
6.	Написання програми	26.03.2020
7.	Тестування програми	22.04.2020
8.	Підготовка звіту проєкту	03.05.2020
9.	Розробка графічних схем проєкту	15.05.2020
10.	Оформлення технічної документації проєкту	19.05.2020

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проєкт	2	
2	A4	ІАЛЦ.045480.004 ПЗ	Пояснювальна записка	53	
3	A4	ІАЛЦ.045480.005 Д1	Згорткова нейронна мережа	1	
4	A4	ІАЛЦ.045480.006 Д2	Модифікований алгоритм навчання нейронної мережі	1	
5	A4	ІАЛЦ.045480.007 Д3	Паралельне навчання нейронних мереж	1	
6	A4	ІАЛЦ.045480.008 Д4	Штучні нейронні мережі	1	

				ІАЛЦ.045480.003		
	ПІБ	Підп	Дата	Відомість дипломного проєкту		
Розробн.	Козлов Г.К.					
Керівн.	Терейковський І.А.					
Консульт.						
Н/контр.	Клятчєнко Я.М.					
Зав.каф.	Романкевич В.О.			КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. СПіСКС Гр. KB-62		
					Лист	Листів
					1	1

**Пояснювальна записка
до дипломного проєкту**

на тему: Комп'ютерна система розпізнавання користувача за
сітківкою ока

Київ – 2020 року

ЗМІСТ

ВСТУП.....	2
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПРИНЦИПІВ РОЗПІЗНАВАННЯ ГРАФІЧНИХ ОБ’ЄКТІВ	3
1.1 Загальний опис вивчення предметної області	3
1.2 Визначення та принципи теорії розпізнавання об’єкту	5
1.3 Дослідження існуючих способів біометричної ідентифікації	8
1.4 Характеристики біометричних систем.....	13
1.5 Схема роботи біометричних систем.....	14
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ	17
РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ІДЕНТИФІКАЦІЇ КОРИСТУВАЧА ЗА СІТКОВОЮ ОКА	18
2.1 Фізіологія очей людини	18
2.2 Отримання зображення	23
2.3 Виділення зіниці.....	25
2.4 Ймовірність помилки при розпізнавання сітківки ока	28
2.5 Очистка зображення.....	28
2.6 Визначення параметрів зіниці	29
2.7 Виділення сітківки ока	30
2.8 Визначення країв та параметрів сітківки ока.....	32
2.9 Знаходження ключових точок	33
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ	37
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	38
3.1 Штучна нейронна мережа, як інструмент для здійснення розробки	38
3.2 Обґрунтування вибіру мови програмування	42
3.3 Використання Python бібліотек для спрощення розробки	45
3.4 Опис інтерфейсу та тестування	48
ВИСНОВКИ	52
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	53

					ІАЛЦ.045480.004 ПЗ			
Зм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Комп’ютерна система розпізнавання користувача за сітковою ока Пояснювальна записка	Лім.	Лист	Листів
Розроб.		Козлов						
Перев.		Герецьковський					1	53
Н. контр.		Клятченко				КПІ ім. І. Сікорського, ФПМ, КВ-62		
Затв.		Романкевич						

ВСТУП

На сьогоднішній день задача надійного захисту інформації є дуже актуальною на сучасному шляху інформаційних технологій. Вона є важливою складовою майже в усіх комп'ютерних системах. Зберігати та захищати всю конфіденційну інформацію потрібно і в системах електронної торгівлі, і при проведенні банківських розрахунків, і в системах навчання та, взагалі, будь-яких мереж. Звичайного парольного захисту може бути вже не достатньо, так як він має ряд явних мінусів. Наприклад, якщо у якогось паролю буде порушена конфіденційність (може бути вкрадений, вгаданий або перехоплений, власник може цього навіть не помітити, а його певна особиста інформація стане доступна для використання злоумисниками. Також, з недоліків використання паролю, є те, що для забезпечення достатньої безпеки пароль повинен бути складним. Для кожного інформаційного ресурсу часто рекомендують створювати окремий пароль, а це може призвести до звичайного забування його користувачем.

Як заміна або доповнення цій парольній системі можна розглянути ідентифікацію користувача за певними характеристиками. Це являється методом біометрії, тобто використовуються унікальні характеристики окремо взятої людини. Така перевірка має декілька переваг і з часом все більше і більше використовуються в комп'ютерних системах. Розпізнавання обличчя – це науково-дослідницька сфера, що стрімко та активно розвивається.

Якщо говорити не про розпізнавання всього обличчя, а про ідентифікацію користувача за сітківкою ока, то можна сказати, що цей метод є одним з найбільш ефективним. Адже він використовує особисту фізіологічну якість людини – унікальність та неповторність райдужної оболонки ока. Тобто, така ідентифікація є однією з найбільш точних та надійних способів біометричного визначення.

					ІАЛЦ.045480.004 ПЗ	Лист
						2
Зм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПРИНЦИПІВ РОЗПІЗНАВАННЯ ГРАФІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Застосунки або програми ідентифікації та автентифікації особистості користувача за його біометричними даними є дуже важливою частиною сучасних комп'ютерних інтелектуальних систем. Вони відповідають за перевірку автентичності користувача, спираючись на певний зчитаний ідентифікатор, і дозволяють переконатись у дійсності суб'єкту.

На сьогоднішній день є дуже багато розроблених методів та алгоритмів рішення розпізнавання образів для подальшої ідентифікації особистості. Найбільш зручною, простою для використання досягнення цього процесу та досягнення потрібного результату є нейронні мережі. Вони зазвичай мають високу точність наслідку та хорошу швидкодію системи. Ефективність та швидке розвинення нейронних мереж виникає через загальний доступний розвиток машинних систем та необхідність додаткового захисту різноманітних користувацьких застосунків.

Взагалі, машинне навчання це основна частина штучного інтелекту. Вона являється глибоко математичною наукою, в яку входять і математична статистика, і теорія ймовірностей. Тобто, сама наука, що вивчає нейронні мережі, привела до очевидного виникнення розділу про машинне навчання, в рамках науки про штучний розум, та увібрала в себе й інші області, такі як дискретний аналіз та статистика.

1.1 Загальний опис вивчення предметної області

Протягом довгого часу методи зчитування та розпізнавання графічних образів вивчалися науковцями з психологічних та біологічних сторін. Часто

					ІАЛЦ.045480.004 ПЗ	Лист
						3
Зм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

висока точність не була досягнена, тому що аналізувалися лише якісні характеристики. Дослідженню зазвичай підлягали органи дотику, слуху та зору, однак формування остаточного рішення було невизначеним та незрозумілим. Наприклад, було вирішено, що неточності при розпізнаванні користувача за сітківкою ока були обумовлені тим, що мозок кожної людини функціонує за різними алгоритмами. Тобто, якщо визначити ці алгоритми, можна відтворити систему правил функціонування з допомогою комп'ютерних систем.

Наука, що була визначена Норбертом Вінером ще на початку XX століття, носить назву кібернетика про загальновизначені правила процесів управління і передачі певної інформації в машинних системах, носить назву кібернетика. Вона має змогу використовувати кількісні методи при розпізнаванні певних об'єктів. Іншими словами, процес розпізнавання (по суті, це природне явище) визначається за допомогою математичного аналізу.

Створення застосунків та апаратів, що дають змогу сканування різних об'єктів, може дати можливість заміни людини спеціалізованим автоматом. Завдяки цьому, значно збільшуються можливості складних комп'ютерних систем, які мають змогу робити різні інформаційні, логічні та аналітичні завдання. Слід уточнити, що якість виконання роботи людиною, що проходить на робочому місці, прямо залежить від багатьох чинників (кваліфікації, досвіду, сумлінності і т. д.). У той же час, правильно розроблений застосунок працює постійно та безперебійно, видаючи однаковий результат. Автоматичний контроль складних систем дозволяє відстежувати стан роботи та забезпечувати своєчасне обслуговування, визначати певні перешкоди та автоматично прийняти певні методи шумоподавлення. Ці всі дії дозволяють достатньо збільшити якість передачі інформації. Також очевидно, що використання таких автоматичних систем у різноманітних задачах, може забезпечити неможливу для людини швидкість виконання.

					ІАЛЦ.045480.004 ПЗ	Лист
						4
Зм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

З плином часу, проблемою розпізнавання графічних образів починають займатися науковці в області прикладної математики, а потім і інформатики. Так, зокрема, роботи Р. Фішера, що були зроблені в 20-х роках, привели до виникнення дискримінантного методу як одного з частин теорії та практики розпізнавання.

У 50-60-ті роки минулого століття, опираючись на різноманітні розроблені програми, виникла теорія статистичних рішень. В результаті цього, було розроблено алгоритми, які сортують нові об'єкти по визначеним класам. Це стало починанням планомірного наукового пошуку і практичних винаходів в цій галузі. В рамках кібернетики почали виникати нові наукові течії, пов'язані з написанням теоретичних основ та подальшої практичної реалізації застосунків. Почали розроблятися системи, основною функцією яких є розпізнавання різних об'єктів, ресурсів, процесів та явищ. Ця новітня наукова дисципліна отримала назву "Розпізнавання образів".

Таким чином, результати типової теорії статичних рішень стали основою для розв'язування задач віднесення об'єктів до чітко визначеного класу. В її рамках, і на сьогоднішній день, створюються все нові й нові алгоритми, які мають змогу забезпечувати визначення деяких характеристик, параметрів та ознак, що описують розпізнаний об'єкт, а також певних даних, що визначають класи, заносючи інформацію в точний класу, до якого відноситься графічний образ.

1.2 Визначення та принципи теорії розпізнавання об'єкту

Теорія розпізнавання (ідентифікації) об'єкту визначається як розділ інформаційних технологій та відповідних дисциплін, які використовують різноманітні методи та алгоритми класифікації природних образів. Це можуть бути певні сигнали, ситуації, предмети й інші ознаки, які можуть бути знайдені.

					ІАЛЦ.045480.004 ПЗ	Лист
						5
Зм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Питання ідентифікації об'єктів розглядається і в роботі написання штучного інтелекту, і, взагалі, майже постійно присутнє при розв'язуванні задач у галузі комп'ютерного зору.

При рішенні класичних завдань розпізнавання образів часто було прийнято використовувати математичну мову, спираючись на певні логічні роздуми та математичні постулати. Але, замість цього підходу, існують алгоритми розпізнавання за допомогою нейронних мереж, тобто машинного навчання, які створені не на таких принципах підходу та часто показують навіть кращий результат.

Взагалі, розпізнавання образів (об'єктів) – це задача індивідуальної ідентифікації, тобто знаходження будь-яких характеристик по його особистому зображенню (оптичне розпізнавання, рис 1.1). Також, таке визначення може бути й по іншим критеріям, наприклад, по аудіозапису (акустичне розпізнавання), та, взагалі, по будь-яким індивідуальним властивостям особи.

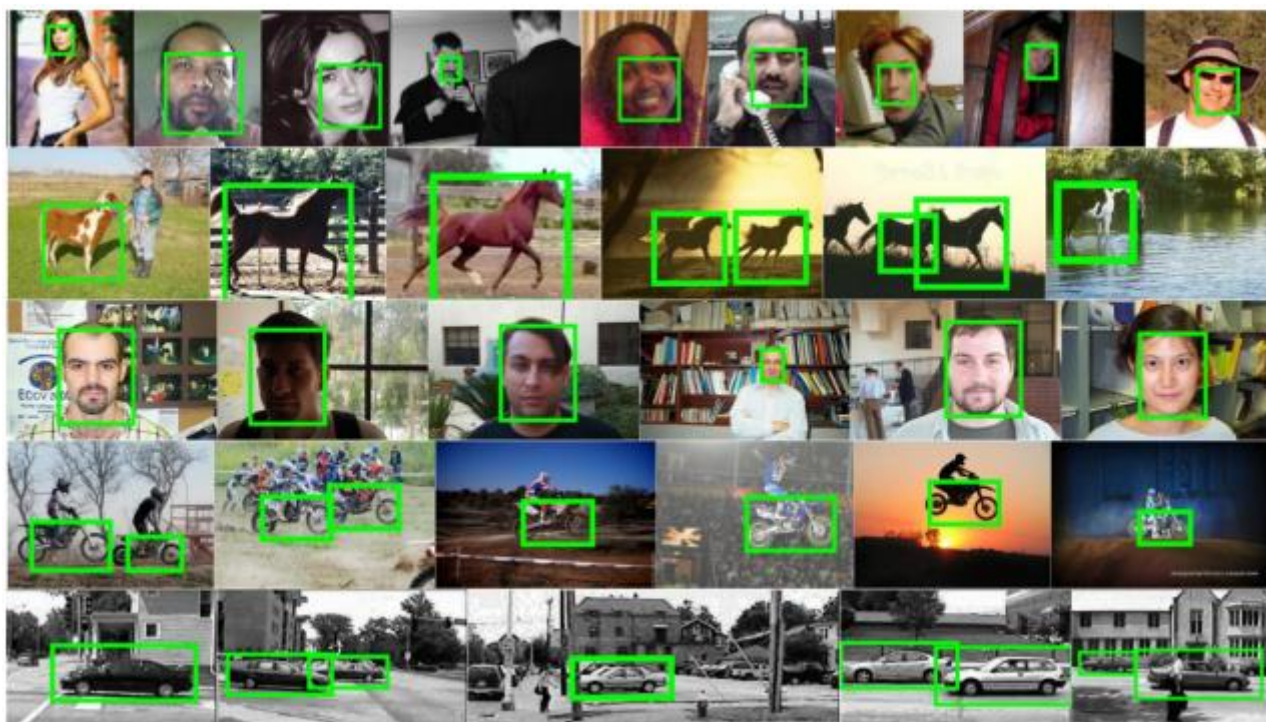


Рисунок 1.1 – Приклад оптичного розпізнавання графічних образів

Якщо говорити про описання конкретного образу, то це визначене угруповання в системі класифікації, що створює (виділяє) якусь частину об'єктів за спільною ознакою. Вони містять в собі конкретні характерні властивості, які з'являються тоді, коли ознайомлення з кінцевим числом явищ з одного і того ж випробування безліч кількості разів дає можливість дізнаватися як завгодно велике число його екземплярів.

Методика віднесення елемента по певній критерії до певного класу має назву вирішальне правило. Ще одне важливе поняття для розпізнавання – метрика – метод знаходження відстані між складовими універсальної множини. Зменшенням цього значення означає, що якісь об'єкти (символи, звуки та т. д.) що розпізнаються, являються більш схожими між собою. Якщо, наприклад, елементи задаються у вигляді набору чисел, то метрика – у вигляді функції. Від вибору уявлення образів і реалізації метрики прямо залежить працездатність програми, тобто один і той самий метод розпізнавання але з різними метриками буде показувати помилки з різною частотою.

Також, потрібно сказати і про адаптацію – це процес модифікації параметрів і структури системи, а ,можливо, і управляючих факторів, спираючись на наявну інформацію. Вона робиться з метою досягнення бажаного стану системи при початковій невизначеності і перемінних умовах працювання.

Навчання – це процес, коли певна система поступово набуває вміння відповідати необхідними реакціями на будь-які множини зовнішніх впливів. Потрібно також відрізнити навчання від адаптації. Адаптація – це підбір критеріїв та загального змісту системи з ціллю досягнення потрібної якості управління в умовах безперервних перемін зовнішніх умов. Навчанням часто називають процес створення в вибраній системі потрібної реакції на фактори зовнішніх ідентичних сигналів путем багаторазових дій на систему зовнішньої коректування. Методи створення та введення об'єкту в систему навчання і визначають сам алгоритм навчання.

					ІАЛЦ.045480.004 ПЗ	Лист
						7
Зм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

1.3 Дослідження існуючих способів біометричної ідентифікації

Біометричні характеристики людини – це фізичний параметр або особиста поведінкова риса, які можуть бути певним чином виміряні. Розпізнавання образу відбувається під час перевірки таких характеристик на ідентичність та індивідуальність. Не важко перелічити методи, за якими можна провести ідентифікацію людини, це:

- Зовнішність обличчя;
- Відпечатки пальців;
- Геометрична складова руки;
- Райдужна оболонка ока;
- Сітківка ока;
- Особистий підпис;
- Звукові сигнали (мова, голос);
- Відбиток губ;
- Будова вуха;
- Персональна хода.

Також, для того щоб визначитись котра з цих характеристик являється найбільш зручною для використання, потрібно ввести якісь критерії для їх оцінювання. З основних елементів для опису якості біометричних параметрів, можна виділити:

- Сталість (іншими словами – перманентність) – це характеристика, що залишається незмінною з плином будь-якого часу;
- Універсальність – метод можливості описання людини лише однією характеристикою;
- Вимірюваність – описує можливість швидкого та легкого отримання та описання розпізнаної характеристики;

					ІАЛЦ.045480.004 ПЗ	Лист
						8
Зм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

- Унікальність – показує на шанс неможливості двох чи більше людей з однаковими характеристиками.

Оцінювання кожної з перелічених в цьому підрозділі біометричних характеристик за цими критеріями відображено у табл. 1.1, де оцінки означають наступне: 1 – низька оцінка, 2 – середня оцінка, 3 – висока оцінка).

Таблиця 1.1 – Оцінювання біометричних характеристик людини

	Сталість	Універсальність	Вимірюваність	Унікальність
Зовнішність обличчя	2	3	3	1
Відпечатки пальців	3	2	2	3
Геометрія руки	2	2	3	2
Райдужна оболонка ока	3	3	2	3
Сітківка ока	2	3	1	3
Особистий підпис	1	1	3	1
Звукові сигнали	1	2	2	1
Будова вуха	2	2	2	2
Персональна хода	1	3	1	2

Таким чином, виконати розпізнавання будь-якої особи можна за багатьма різними ознаками, які відносяться до її фізіологічних особливостей. Вони з високою ймовірністю можуть точно ідентифікувати людину. Тобто, загальне розпізнавання людини будується за біометричними характеристиками, на основі їх неповторності. Вірогідність, що будуть дві людини з абсолютно однаковими параметрами дуже мізерна. Для прикладу, шанс, що в двох різних людей на одних і тих же пальцях однієї руки будуть повністю співпадати відбитки цих пальців є одиниця на двадцять чотири мільйони, тобто, практично, нульовий).

Всі перераховані методи біометричної ідентифікації можна розглянути також і за іншими характеристиками, що їх описують (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – Опис характеристик способів біометричної ідентифікації

Метод отримання біометричних параметрів	Ймовірність відмови у доступі %	Ймовірність помилкової ідентифікації «чужого» (без використання муляжу) %	Ймовірність помилкової ідентифікації «чужого» (з використанням муляжу) %	Збереження тасмниці образу у процесі ідентифікації абонента	Вартість технічної реалізації в грошовому еквіваленті, у.о.
Геометрична будова руки	0,2...4	0,2...1	10...75	неможливо приховати	Від 600 до 3000
Відбитки пальців	2...6	0,0001	10...70	неможливо приховати	Від 60 до 600
Особливості малюнка сітківки ока	0,4	6...10	_____	неможливо приховати	приблизно 4000
Райдужна оболонка ока	0,2...2	0,0001	_____	неможливо приховати	Від 500 до 6000
Портрет обличчя	1...9	_____	_____	неможливо приховати	55000
Рукописний почерк	0,5...5	0,5...5	0,5...5	8-10...10-40	_____
Клавіатурний та комп'ютерний почерк	3...9	3...9	_____	6-10...10-12	_____
Характеристики і особливості мови	0,5...5	0,5...5	25...90 (запис)	10-16...10-30	1...60

Також, всі методи біометричного розпізнавання особистості можна розділити на дві основні групи: статичні та динамічні. Ці дві групи тісно пов'язані між собою та доповнюють одні одного.

1.3.1 Статичні методи розпізнавання людини

Статичні методи розпізнавання людини – це методи біометричної ідентифікації, що базуються на фізіологічних характеристиках людини. Їх головні перевага перед динамічними методами – це частинна незалежність від психологічного стану людини, вони практично не потребують ніяких зусиль, та,

виходячи з цього, можуть обслуговувати швидко велику кількість людей. Використання на практиці статичних методів та їх можлива програмна реалізація описано в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Опис статичних біометричних характеристик

Біометрична характеристика	Регіструючий пристрій	Зразок	Досліджувані риси
Геометрична будова руки	Запатентований настінний пристрій	Тривимірне зображення зверху і боків кисті	Висота і ширина кісток і суглобів кисті і пальців
Відбиток пальця	Периферійний пристрій настільного комп'ютера, карта стандарту PC card, миша, мікросхема або зчитувальний пристрій, вбудований в клавіатуру	Зображення відбитку пальців (оптичне, на кремнієвому фотоприймачі, ультразвукове, або безконтактне)	Розташування і напрям гребінчастих виступів і розгалужень на відбитку пальців, дрібні деталі
Особливості малюнка сітківки ока	Запатентований настільний або настінний пристрій	Зображення сітківки	Розташування кровоносних судин на сітківці
Райдужна оболонка ока	Відеокамера, здатна працювати в інфрачервоному діапазоні, камера для ПК	Чорно-біле зображення райдужної оболонки ока	Смужки і борозенки на райдужній оболонці ока
Портрет обличчя	Відеокамера, камера для ПК, фотоапарат	Зображення особи (оптичне або теплове)	Відносне розташування і форма носа, розташування скул

Також, в таблиці не описані деякі біометричні технології, які були введені в роботу пізніше після вище перелічених. Вони базуються на інших фізіологічних параметрах:

- Аналіз ДНК – це найбільш досконала в даний час технологія, яка точно підтверджує індивідуальність особи;
- Відпечаток долоні руки – в даному методі застосовується рисунок ліній на долоні людини. Він схожий на технологію, що сканує відбиток пальців людини;
- Рисунки, що створюють судини – це розташування вен людини в будь-яких частинах тіла (може бути навіть будь-яка сторона долоні);

- Сигнали, що видають певні органи тіла (серце, легені, мозок) – користувач взаємодіє з спеціальним датчиком потрібний час (в залежності від необхідної точності – до 9 секунд). В цей момент прилад зафіксує ці сигнали-параметри.

1.3.2 Динамічні методи розпізнавання людини

Динамічні методи розпізнавання людини – це методи, що базуються на властивостях поведінки людини. Це можуть бути якісь підсвідомі рухи під час виконання певних дій. Їх переваги перед статичним методом ідентифікації заключаються в простоті реалізації, оскільки вони, як правило, не потребують дуже дорогого апаратного забезпечення, а обмежуються тільки програмним. Потребується тільки мінімальне обслуговування визначеного спеціаліста в процесі використання.

Використання на практиці динамічних методів ідентифікації людини та їх можлива програмна реалізація описані в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Опис динамічних біометричних характеристик

Біометрична характеристика	Регіструючий пристрій	Зразок	Досліджувані риси
Голос	мікрофон, телефон	запис голосу	частота, модуляція і тривалість голосового образу
Підпис	планшет для підпису, перо для введення даних	зображення підпису і значення відповідних динамічних вимірів	швидкість, порядок ліній, тиск і зовнішній вигляд підпису
Динаміка натискання клавіш	клавіатура	ритм машинопису	час затримки (проміжок часу, протягом якого користувач утримує конкретну клавішу) час «польоту» (проміжок часу, який потрібний користувачеві для переходу з однієї клавіші на іншу)
Динаміка роботи з маніпулятором «миша»	маніпулятор «миша»	Образ характерної траєкторії	характерні точки траєкторії Та інші параметри траєкторії

Таким чином, в таблиці можна побачити потрібні реєструючі пристрої для розпізнавання розглянутих динамічних біометричних характеристик. Описані також і риси, що потрібно відстежити в кожній характеристиці.

1.4 Характеристики біометричних систем

Розглянемо параметри, що використовуються як показники ефективності біометричних систем:

- FAR (False Acceptance Rate) – коефіцієнт помилкового пропуску, вірогідність неправильної ідентифікації. Показує на шанс того, що система біометричного розпізнавання помилково визнає справність користувача, що не зареєстрований в системі;
- FMR – коефіцієнт помилкового збігу. Визначає ймовірність, що система неправильно зрівняє вхідний образ з невідповідним шаблоном в базі даних;
- FRR (False Rejection Rate) – коефіцієнт помилкової відмови в доступі. Показує на шанс того, що система не визнає справжність користувача, що в ній насправді зареєстрований;
- FNMR – коефіцієнт помилкового неспівпадіння. Це ймовірність того, що система допустить помилку у визначенні збігів між вхідним образцем та відповідним шаблоном в базі даних. Також можна виміряти відсоток вірних вхідних даних, які були прийняті неправильно;
- ROC – це робоча характеристика або відносно робоча характеристика біометричної системи. Вона візуалізує компроміс між FAR та FRR. В загальному випадку цей порівняльний алгоритм приймає рішення на основі порогу, що визначає, наскільки близько

повинен бути вхідний екземпляр до шаблону, щоб рахувати це збігом обставин.

- FTE (інша назва – FER) – коефіцієнт відмови в реєстрації, при якому спроби створити новий шаблон з вхідних даних безуспішні. Найчастіше це пов'язано низькою якістю цих вхідних даних;
- FTC – коефіцієнт помилкового утримання. В автоматизованих системах це ймовірність того, що ця система не може правильно визначити біометричні вхідні дані, навіть тоді, коли вони представлені коректно.

Також, потрібно дати визначення ємності шаблону – це максимальна кількість наборів даних, які можуть зберігатися в системі.

1.5 Схема роботи біометричних систем

Практично всі біометричні системи працюють за однією схемою. Спочатку вони запам'ятовують зразки біометричної характеристики. Це називається процесом запису або реєстрації. Під час такого запису деякі біометричні системи можуть просити зробити потрібну кількість образців для того, щоб створити максимально точне зображення біометричної характеристики. Потім отримана інформація оброблюється та перетворюється в математичний код. Окрім того, система може запросити проведення ще певних дій з ціллю зв'язати біометричний зразок з визначеною людиною. Наприклад, це може бути введення персонального ідентифікаційного номеру (PIN), або пристрій, що може зчитувати інформацію, смарт-карту, яка містить зразок.

Взагалі, ідентифікація людини в будь-якій біометричній системі проходить чотири етапи:

1. Запис – фізичний або поведінковий образ запам'ятовується системою.

2. Виділення – унікальна інформація виноситься з образу і створюється біометричний образець.
3. Порівняння – збережений образ порівнюється з представленим.
4. Збіг або не збіг – система вирішує, чи співпадають біометричні образи та виносить своє рішення.

Більшість сучасних систем зберігають в спеціальній базі даних цифровий код, який відноситься до конкретної людини, що має право доступу. Сканер або будь-який інший пристрій, що використовується, зчитує певний біологічний параметри людини. Далі отримані дані оброблюються методом їх перетворення в цифровий код. Саме цей ключ порівнюється з змістом спеціальної бази даних для ідентифікації особистості. Цей процес добре ілюструє рис. 1.1.



Рис 1.1 – Схема роботи біометричної системи

З рисунку видно, що для отримання ключа з записаного біологічного параметру часто використовують шаблони. Елементи біометричного вимірювання, які не використовуються в порівняльному алгоритмі, не зберігаються в шаблоні. Це робиться для того щоб зменшити розмір файлу та захистити особистість зареєстрованої людини, зробивши неможливим відтворення даних по інформації з зразка.

Також, можна виділити три рівні самої обробки даних біометричною системою:

1. Отримання ще необроблених даних з пристрою.
2. Проміжна інформація – оброблені дані після отримання, але ще не готовій формі для повного співзставлення. На них зазвичай посилаються такі дані, як зображення або поведінка.
3. Кінцеві оброблені дані – повністю готові дані для використання, на них посилаються дані ознак.

Ця послідовність обробки зображена на рис. 1.2.



Рисунок 1.2 – Обслуговування біометричних даних

Потрібно уточнити, що при реєстрації нового користувача система утворює новий шаблон тільки на основі розпізнаний біометричних ознак.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ

У цьому розділі був проведений загальний аналіз можливих методів та принципів ідентифікації (розпізнавання) графічних образів. Загально була описана та досліджена вся предметна область, необхідна для розробки комп'ютерної системи. Чітко поставлене загальне визначення та принципи теорії розпізнавання об'єкту. Також, у результаті огляду біометричних способів розпізнавання було порівняно кожен з них, з оцінюванням по визначених критеріях. Виходячи з цього, можна зробити висновок, що розробка програмного забезпечення, що буде ідентифікувати користувача за сітківкою його ока є хорошим та перспективним рішенням. Цей метод детально розібрано вже в другому розділі.

					ІАЛЦ.045480.004 ПЗ	Лист
						17
Зм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ІДЕНТИФІКАЦІЇ КОРИСТУВАЧА ЗА СІТКОВКОЮ ОКА

2.1 Фізіологія очей людини

Для того, щоб розробити комп'ютерну систему, що буде виконувати розпізнавання користувача по сітківці ока, спочатку потрібно розібратися в фізіології зіниці ока людини.

2.1.1 Загальна будова ока

Очне яблуко має форму, близьку до кулястої. У ньому розрізняють передній і задній полюси. Пряма лінія, що з'єднує їх, називається віссю очного яблука. Очне яблуко складається з капсули, яка оточує його зовні та ядра. Капсула побудована з трьох оболонок: зовнішньої (фіброзної), середньої (судинної) і внутрішньої (сітківки). До складу ядра входять середовища, які проводять і заломлюють світло: водяниста волога, кришталик і склоподібне тіло (рис. 2.1).

У зовнішній, або фіброзній, оболонці очного яблука розрізняють два відділи: рогівку і склеру. Середня, або судинна, оболонка очного яблука містить велику кількість судин і пігмент. У ній прийнято розрізняти три частини: власне судинну оболонку, війкове тіло і райдужку (рис 2.2).

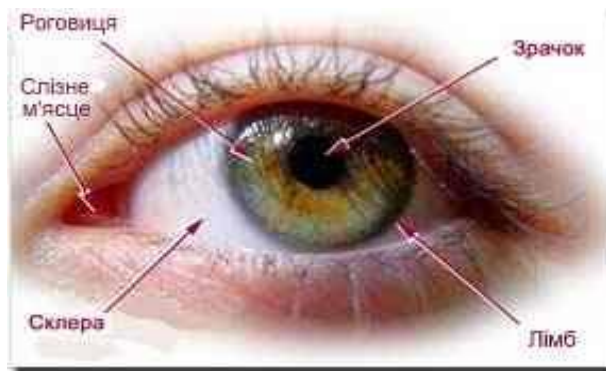


Рисунок 2.1 – Будова ока людини

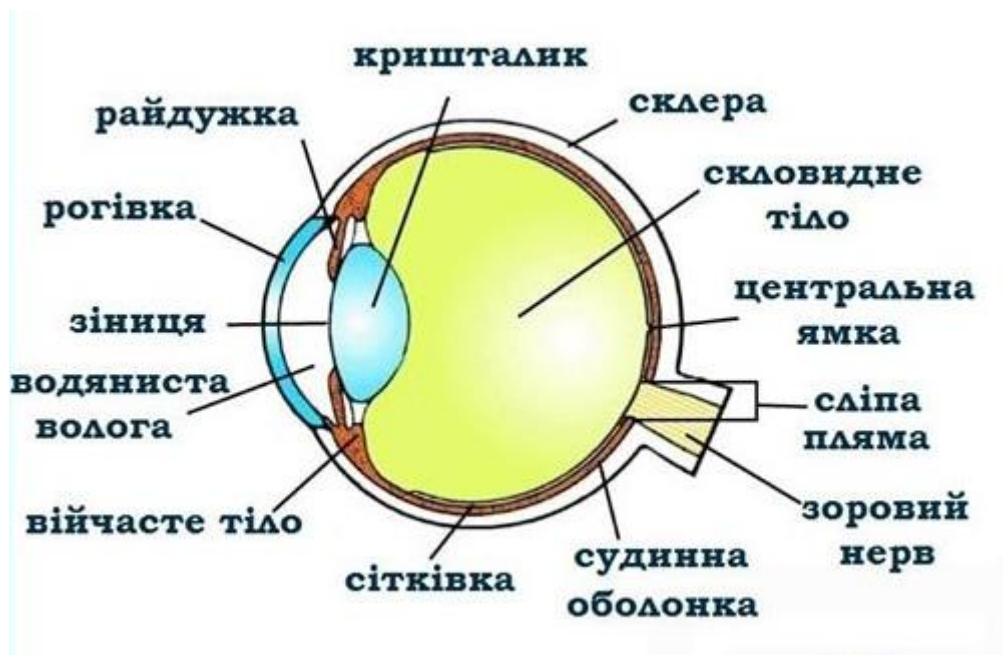


Рисунок 2.2 Очне яблуко (вертикальний зріз)

Внутрішня оболонка очного яблука, або сітківка, є найбільш важливою з оболонок ока, так як в ній відбувається сприйняття зорових подразнень. Вона безпосередньо пов'язана із зоровим нервом.

Задня частина сітківки має складну будову. Саме тут розташовані периферичні відділи зорового аналізатора: світло- і кольорочутливі елементи (фоторецепторні клітини) – палички і колбочки. Тому задній відділ сітківки називають її зоровою частиною. Місцем найбільшої чутливості сітківки є її центральна ямка, в області якої сконцентрована велика частина фоторецепторних клітин.

Всі утворення, що складають ядро очного яблука (кришталік, водяниста волога, яка заповнює передню і задню камери очного яблука, і склоподібне тіло), в звичному стані абсолютно прозорі і мають здатність заломлювати світло. Тому їх, як і рогівку, відносять до заломлюючих середовищ ока. Завдяки заломленню промені світла фокусуються в найбільш чутливій зоні сітківки – в центральній ямці.

Кришталік має вигляд двоопуклого тіла. Своєю лицьовою поверхнею він прилягає до райдужки, а позаду нього знаходиться склоподібне тіло. За допомогою тонких міцних ниток кришталік зв'язаний з війковим м'язом, розташованим циркулярно в циліарному тілі. Завдяки скороченню або розслабленню війкового м'яза кришталік змінює свою кривизну. Це пристосування ока до найкращого бачення на близькій і далекій відстанях має назву акомодация.

2.1.2 Будова райдужної оболонки ока

Райдужка є передньою частиною судинної оболонки. При огляді передньої поверхні райдужної оболонки вона виглядає тонкою, майже округлою платівкою, злегка еліптичної форми. Біля краю зіниці вирізняється чорна зубчаста облямівка, що оздоблює її через усю протяжність та представляє виворіт заднього пігментного листка райдужної оболонки.

Райдужна оболонка своєю зіничною зоною прилягає до кришталіка, спирається на нього і вільно ковзає по його поверхні при рухах зіниці. Зінична зона райдужної оболонки витісняється наперед завдяки прилеглий до неї ззаду опуклій поверхні кришталіка, внаслідок чого райдужна оболонка в цілому має форму висіченого конуса.

					ІАЛЦ.045480.004 ПЗ	Лист
						20
Зм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Основними властивостями райдужної оболонки, зумовленими анатомічними особливостями її будови, є: малюнок, рельєф, колір, розташування відносно сусідніх структур ока і стан зіничного отвору.

Паралельно до зіничного краю, концентрично до нього розташований невисокий зубчастий валик – коло Краузе або брижі, де райдужна оболонка має найбільшу товщину. У напрямку до зіниці райдужна оболонка стає тоншою, але найтонша її ділянка відповідає кореню райдужної оболонки.

Відповідно колу Краузе в стромі райдужної оболонки, також концентрично до зіниці, розташовується сплетіння судин – мале коло кровообігу райдужної оболонки. Колом Краузе користуються для виділення двох топографічних зон цієї оболонки: внутрішньої (більш вузької, зіничної) і зовнішньої (ширшої, циліарної).

На лицьовій поверхні райдужної оболонки відзначається радіарна смугастість, добре виражена в її циліарній зоні. Вона обумовлена радіальним розташуванням судин, уздовж яких орієнтована і строма райдужної оболонки. По обидва боки кола Краузе на поверхні райдужної оболонки можна побачити щілиновидні заглиблення (крипти або лакуни), які глибоко проникають у неї. Такі ж крипти, але меншого розміру, розташовуються і вздовж кореня райдужної оболонки.

У зовнішньому відділі циліарної зони помітні складки райдужної оболонки, що йдуть концентрично до її кореня, – контракційні борозенки, або борозенки скорочення. Зазвичай вони представляють лише відрізок дуги, але не захоплюють всього кола райдужної оболонки. При скороченні зіниці вони згладжені, при розширенні – найбільш виражені.

Усі перераховані утворення на поверхні райдужної оболонки обумовлюють як її малюнок, так і рельєф.

У райдужній оболонці розрізняють два листка:

1. Передній, мезодермальний, увеальний, що становить продовження судинного тракту.
2. Задній, ектодермальний, ретинальний, що становить продовження ембріональної сітківки в стадії вторинного очного міхура, або очного келиха.

Передній мезодермальний листок складається з переднього і судинного шарів райдужної оболонки. Задній ектодермальний листок представлений дилататором з його задньою прикордонною платівкою і пігментованим епітелієм. До нього ж належить і сфінктер, що змістився в строму райдужки по ходу її ембріонального розвитку. Передній прикордонний шар мезодермального листка складається з густого скупчення клітин, розташованих тісно один до одного, паралельно поверхні райдужної оболонки. Передній шар переривається біля краю крипта.

Із зовнішнього шару заднього пігментного листка в період ембріонального розвитку формуються два м'язи райдужної оболонки: сфінктер, що звужує зіницю, і дилататор, що обумовлює його розширення. В процесі розвитку сфінктер переміщається з товщі заднього пігментного листка в строму райдужної оболонки, в її глибокі шари, і розташовується біля краю зіниці, оточуючи її у вигляді кільця. Його волокна проходять паралельно до зіничного краю, приєднуючись безпосередньо до його пігментної облямівки.

Циліарний край м'яза дещо змитий, від нього ззаду в косому напрямку відходять м'язеві волокна до дилататора. По сусідству зі сфінктером, в стромі райдужної оболонки у великій кількості розкидані великі, округлі, густо пігментовані клітини, позбавлені відростків, – «глибинні клітини», що виникли також внаслідок зсуву в строму пігментованих клітин із зовнішніх пігментних листків.

За рахунок зовнішнього шару заднього пігментного листка розвивається дилататор – м'яз, що розширює зіницю. На відміну від сфінктера, що змістився в

строму райдужної оболонки, дилататор залишається на місці свого утворення, тобто в складі заднього пігментного листка, в його зовнішньому шарі.

Дилататор має вигляд тонкої пластинки, розташованої між циліарною частиною сфінктера і коренем райдужної оболонки. Клітини дилататора розташовуються у вигляді одного шару, радіально по відношенню до зіниці. Утворення клітин дилататора, що містять міофібрили, повернені до строму райдужної оболонки, позбавлені пігменту і в сукупності становлять задню крайню пластинку. Скорочення дилататора здійснюється за рахунок міофібрил, причому в процесі змінюється як величина, так і форма його клітин.

В результаті взаємодії двох антагоністів – сфінктера і дилататора – райдужна оболонка отримує можливість шляхом рефлекторного звуження і розширення зіниці регулювати потік світлових променів, що проникають всередину ока, до того ж діаметр зіниці може змінюватися від 2 до 8 мм.

2.2 Отримання зображення

Розпізнавання сітківки ока відбувається з допомогою інфрачервоного світла маленької інтенсивності, що проходить через зіницю до кровоносних судин на задній стінці ока. Практично всі дослідження в цій області проводяться на основі зображень, що взяті з баз CASIA (з англ. – Chinese Academy of Sciences Institute of Automation).

Цим інститутом виконана велика робота по збереженню обширних баз даних. Кожна з таких баз зазвичай має по декілька розділів.

Базою даних, що найчастіше використовується є база CASIA-Iris-Interval. Зображення з цієї бази отримані в найближчому інфрачервоному діапазоні з розширення 320x280 пікселів. Спектр найближчого інфрачервоного випромінювання виділяє особливості структури сітківки, полегшуючи наступне вимірювання в процесі ідентифікації.

Для вивчення змін структури сітківки при зміні розміру зіниці використовується база CASIA-Iris-Lamp. Зображення цієї бази містять знімки с ввімкненой або вимкненой лампою з розширення 640x480 пікселів.

База CASIA-Iris-Thousand містить зображення сітківки очей більше тисячі людей. Ця база використовується для вивчення унікальних особливостей структури сітківки, перевірки методів визначення сітківки та подальшої ідентифікації, а також для удосконалення цих методів при умовах бликів, носіння окуляр та контактних лінз.

База CASIA-Iris-Distance використовується для розробки методів ідентифікації, що працюють на значних відстанях та для розробки методів біоідентифікації, що мають багато параметрів. Зображення в цій базі отримані за допомогою камери високого розширення з відстані в три метра. Розширення таких зображень – 2352*1728.

База CASIA-Iris-Syn містить синтезовані зображення сітківки ока.

Приклад бази даних з зображеннями різних очей проілюстрований на рис 2.1.



Рисунок 2.3 – Приклад зображень очей

2.3 Виділення зіниці

2.2.1 Визначення границь

На зображенні ока зіниця представляє собою дуже чіткий чорний круг. Це дозволяє легко знайти його зовнішню границю. Крім того, рівень границі може бути встановлений дуже високим, для того, щоб опустити мілкі неконтрастні області границі, доки не буде зайнятий весь периметр зрачка. Найкращий алгоритм для визначення границі зіниці – це алгоритм Канні. Він використовує горизонтальні та вертикальні градієнти, щоб точно визначити границі на зображенні. Після обробки зображення за допомогою алгоритму Канні, буде знайдена окружність, що точно визначає границю зіниці. Приклад виділення границі зіниці наведений на рис. 2.2.

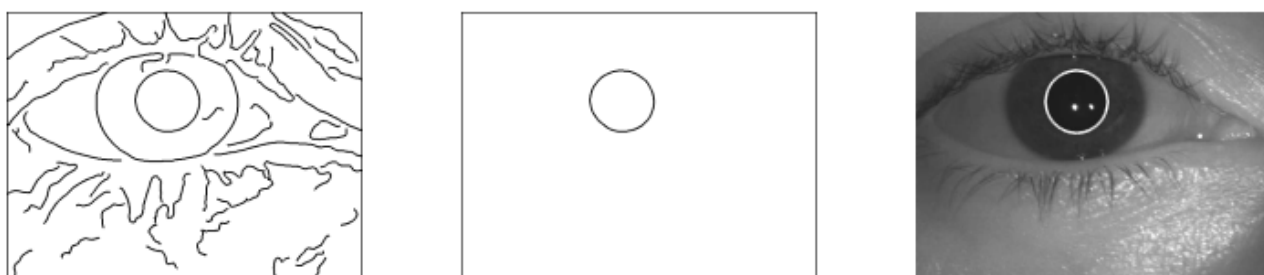


Рисунок 2.4 – Виділення границі зіниці ока людини

2.2.2 Алгоритм Канні

Знаходження контурів зводиться до знаходження розривів інтенсивності при переході від однієї області до іншої. Більшість алгоритмів аналізу зображень розглядають її просто як певну скалярну функцію від просторових змінних, відходячи від фізичного сенсу. Тобто, інтенсивність пікселя може означати, наприклад, рівень червоного, насиченість, яскравість, світлоту і т.д.

Для визначення перепадів яскравості будемо приймати дискретні аналоги перших змінних.

Наближені значення перших частин похідних $G_x(i, j)$ та $G_y(i, j)$ в кожній точці (i, j) зображення f зазвичай визначаються як згортки 3×3 -околиці з матрицями дискретних диференціальних операторів. Будемо використовувати дискретні диференціальні оператори Собеля (Sobel), що визначаються матрицями:

$$D_x = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad D_y = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

Застосування операторів до зображення виконується через оператор згортки:

$$G_x = D_x * f,$$

$$G_y = D_y * f.$$

Поточні формули згортки дають оцінку по напрямленню x

$$\begin{aligned} G_x(i, j) &= (-1) \cdot f(i-1, j-1) + (-2) \cdot f(i-1, j) + (-1) \cdot f(i-1, j+1) + \\ &+ (0) \cdot f(i, j-1) + (0) \cdot f(i, j) + (0) \cdot f(i, j+1) + \\ &+ (1) \cdot f(i+1, j-1) + (2) \cdot f(i+1, j) + (1) \cdot f(i+1, j+1) = \\ &= -f(i-1, j-1) - 2 \cdot f(i-1, j) - f(i-1, j+1) + \\ &+ f(i+1, j-1) + 2 \cdot f(i+1, j) + f(i+1, j+1) \end{aligned}$$

та, аналогічно, по напрямленню y

$$\begin{aligned} G_y(i, j) &= (-1) \cdot f(i-1, j-1) + (0) \cdot f(i-1, j) + (1) \cdot f(i-1, j+1) + \\ &+ (-2) \cdot f(i, j-1) + (0) \cdot f(i, j) + (2) \cdot f(i, j+1) + \\ &+ (-1) \cdot f(i+1, j-1) + (0) \cdot f(i+1, j) + (1) \cdot f(i+1, j+1) = \\ &= -f(i-1, j-1) - 2 \cdot f(i, j-1) - f(i+1, j-1) + \\ &+ f(i-1, j+1) + 2 \cdot f(i, j+1) + f(i+1, j+1). \end{aligned}$$

Напрямок градієнту $\nabla f = G = (G_x, G_y)^T$ визначається кутом між його напрямком та віссю абсцис

$$\vartheta = \arctg \left(\frac{G_y}{G_x} \right).$$

Величина градієнту визначається, як правило, будь-якою Гельдеровою нормою

$$||x||_p = \sqrt[p]{\sum_i x_i^p}$$

або граничною нормою ($p \rightarrow \infty$)

$$||x||_\infty = \max_i |x_i|.$$

Довжина вектору градієнта в точці буде впливати на те, чи ввійде піксель в склад границі. Кут використовують для визначення напрямку контуру в точці. Цей кут використовується для процедури уточнення границі – світлі пікселі результуючого зображення, які не лежать в напрямку шляху по границі, подавляються.

Останній крок алгоритму – двопорогове відсічення з гістрезисом. Якщо обрати дуже високий поріг, то можливі помилки першого роду – втрата точок, які лежать на границі. Якщо вибрати дуже низький поріг, то стануть частішими помилки другого роду – лишні точки приймаються за фрагменти границі. Тому використовується два пороги. Спочатку застосовують високий поріг, який виділяє пікселі, що точно належать границі. Потім обходять границю та, використовуючи інформацію про напрямки, добудовують її, застосовуючи низький поріг. Такий алгоритм віддає перевагу неперервним кривим в якості контурів та ігнорує незначні зміни інтенсивності. Вся ця послідовність кроків і називається алгоритмом Канні. В результаті з чорно-білого зображення ми отримуємо бінарне зображення контурів (рис 2.3).

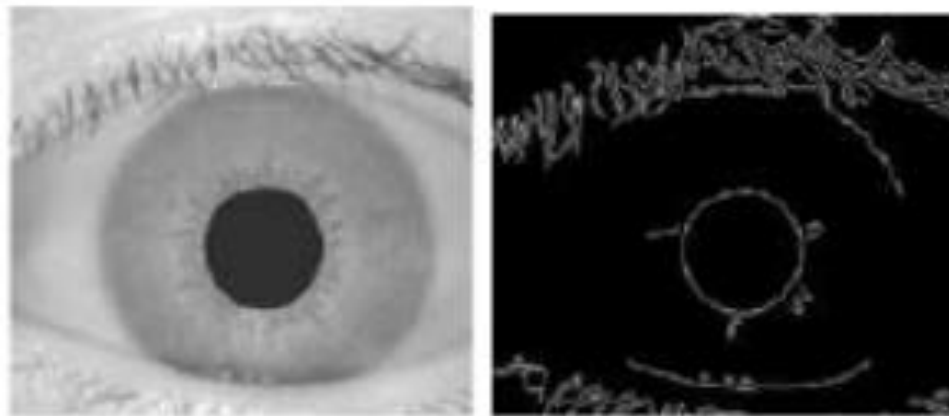


Рисунок 2.5 – Зліва вихідне зображення, справа – зображення контурів

2.4 Ймовірність помилки при розпізнавання сітківки ока

Шанс пропуску користувача, що не є зареєстрований в системі (помилка першої категорії), при скануванні сітківки ока дорівнює 0,0001 відсотка. При цьому шанс помилки другої категорії порівняно дуже високий – близько 0,1 відсотка. Це можна пояснити тим, що спочатку такі біометричні системи використовувались в воєнній справі, а військові до помилок першої категорії відносять дуже жорсткі обмеження. Але, взагалі, у користувача майже завжди є можливість повторення процедури розпізнавання певну кількість разів.

2.5 Очистка зображення

Для отримання інформації в місці границі можливе використання певних фільтрів. Перший крок очистки зображення – це розширення усіх знайдених границь. Збільшення розміру ліній серед знайдених компонентів ми досягнемо їх об'єднання в більш лінійні сегменти. Зрештою, лінії, що не повністю визначені під час детектування границь, набудуть визначеної форми. Це дає більшу вірогідність того, що периметр зіниці прийме форму замкнутої окружності.

Знаючи про те, що зіниця правильно визначена, можна використовувати більше фільтрів без хвилювання за втрату цієї важливої інформації. Допускаючи, що зображення відцентровано, фільтр може бути використаний для заливки круга, всередині границь зіниці. Після цього фільтр, який визначає область з'єднаних пікселів, може бути використаний для маленьких нез'язаних частин зображення, які були знайдені при визначенні границь. Нарешті, будь-які відблиски на зіниці, що визвані відображенням чи якимись іншими причинами, можуть бути заповнені шляхом порівняння світлих пікселів з областю нижче порога. Після цього процесу ми зберігаємо зображення, на якому ярко виділена область зіниці, до тих пір, поки не очистимо його від сторонніх даних.

2.6 Визначення параметрів зіниці



Рисунок 2.6 – Приклад коректної роботи алгоритму

На спектрі зображення рис. 2.4 видно великий круг, площа якого задається сукупністю пікселів. Оскільки зіниця – самий великий та яскравий круг на всьому зображенні, то інтенсивність спектру в області зіниці буде досягати свого піку. В області зіниці чітко по центру значення інтенсивності буде максимальним. Це відбувається тому що центр – це точка всередині круга, що найбільш віддалена від всіх його границь. Виходячи з цього, максимальне значення повинно відповідати центру зіниці, та, окрім того, відстань від центру зіниці до границі повинно бути рівно радіусу зіниці.

2.7 Виділення сітківки ока

2.7.1 Знаходження сітківки ока

Коли визначена інформація про зіницю, можна приступити до визначення параметрів сітківки. Важливо пам'ятати, що зіниця і сітківка є практично концентричними колами. Отже, знаючи центр і радіус зіниці, ми не можемо визначити ці ж параметри для сітківки. Однак інформація про зіницю дає хорошу відправну точку у вигляді центру зіниці.

Найсучасніші алгоритми визначення сітківки використовують вільні окружності для визначення її параметрів. Починаючи від зіниці, ці алгоритми перебирають потенційні значення центру і радіусу сітківки.

Першим кроком у пошуку реального радіусу сітківки є знаходження приблизного радіусу. Це наближення може потім допомогти знайти реальні параметри. Для того щоб знайти це наближення, необхідно знайти хоча б одну точку кордону сітківки. Знаючи, що верхня і нижня частини ока часто можуть бути закриті повіками і віями, кращим варіантом є пошук незакритих кордонів вздовж горизонтальної лінії, що проходить через центр зіниці.

Попередньо слід використовувати спеціальний згладжувальний фільтр, такий як медіанний фільтр, до вихідного зображення. Цей фільтр усуває дрібні шуми, зберігаючи контури зображення. Після використання медіанного фільтра може знадобитися збільшення контрастності зображення.

Тепер, коли зображення підготовлене, можна приступити до визначення кордонів. Область, що нас цікавить, є не просто горизонтальною лінією, що проходить через сітківку. Нас цікавить частина цієї лінії правіше зіниці. Збільшення яскравості при переході від сітківки до склери є єдиним великим кроком.

					ІАЛЦ.045480.004 ПЗ	Лист
						30
Зм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Сітківка повинна являти собою покрокову зміна яскравості в області, яка нас цікавить. Отже, ця область зображення повинна відповідати компоненту з найвищим значенням на виході з фільтра. Знаходячи максимальне значення праворуч від зіниці, ми знайдемо кордон сітківки ока. Слід зауважити, що оскільки сітківка і зіниця можуть не бути концентричними колами, то відстань від центру зіниці до цієї межі може не відповідати радіусу райдужки.

2.7.2 Налаштування контрасту

Відзначимо, що друге і третє зображення рисунка 2.7 є більш контрастними, ніж зображення 1. Контрастність цих малюнків була підлаштована таким чином, щоб збільшити різницю в яскравості значень зображення сітківки. Це чисельно спрощує аналіз даних сітківки. Підстроювання виконується за допомогою побудови гістограми яскравості зображення і розтягуванням верхніх і нижніх меж гістограми до поділу всього розбиття за значеннями яскравості в діапазоні від 0 до 255. Рисунок 2.8 демонструє цей процес.

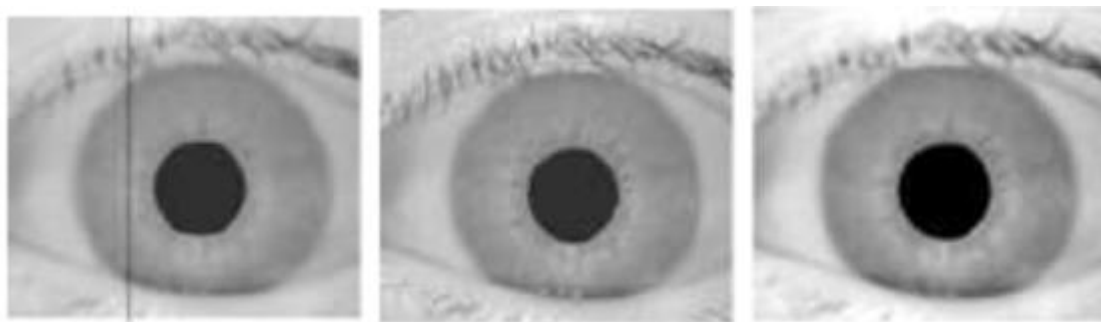


Рисунок 2.7 – Зображення зіниці при різній контрастності

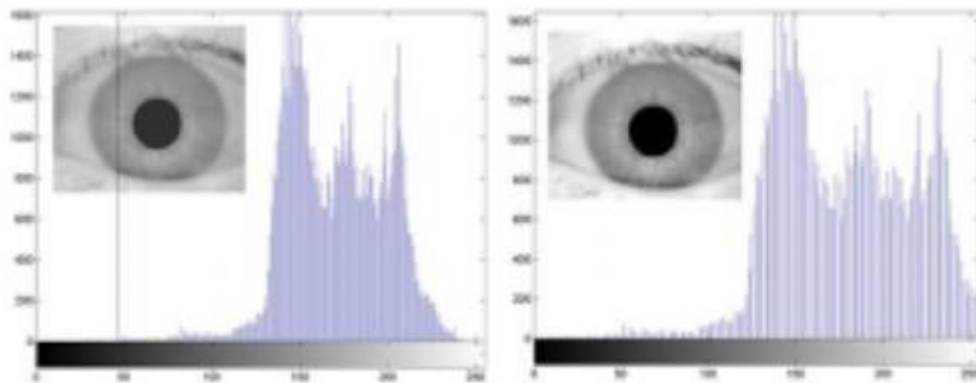


Рисунок 2.8 – Зміна контрастності зображення

2.8 Визначення країв та параметрів сітківки ока

Сітківка повинна являти собою покрокову зміну яскравості в області, яка нас цікавить. Отже, ця область зображення повинна відповідати компоненту з найвищим значенням на виході фільтра виділення кордонів. Пошуком максимального значення праворуч від зіниці знаходиться межа сітківки. Так як сітківка і зіниця можуть не бути концентричними окружностями, то відстань від центру зіниці до цієї межі може не відповідати радіусу райдужки.

Для визначення межі сітківки можна використовувати кілька підходів. Наведемо один з них. Алгоритм виглядає наступним чином:

1. Раніше описаним алгоритмом знаходимо центр зіниці і його радіус.
2. Визначаємо грубу оцінку радіусу сітківки. Спочатку застосовуємо медіанний фільтр. Відніманням з вихідного зображення відфільтрованого зображення отримуємо грубу оцінку кордону. Це дозволяє визначити цікаву для нас область вздовж горизонтальної лінії, проведеної до кордону від центру зіниці.
3. Потім аналізуємо деталі дискретного перетворення уздовж цієї лінії. Максимум в деталях ближче до грубої оцінки уточнює радіус сітківки. Так як радіус сітківки, як правило, не збігається з радіусом зіниці, то необхідно додаткове уточнення.

4. Визначення центру сітківки засноване на побудові двох хорд, що проходять через центр зіниці (бажано під кутом 90°). Центр визначається перетином перпендикулярів, проведених через середини хорд. В якості нової оцінки радіуса береться середнє значення довжин хорд. Це не точна оцінка, але цілком прийнятна для роботи алгоритму.

Залишається відкритим питання вибору хорд з кінцями, що лежать на кордоні сітківки, максимально перпендикулярними і максимально наближеними до повік. В роботі цей алгоритм чітко не прописаний.

Далі, маючи оцінки радіуса і центру сітківки, проводиться розгортка зображення: перехід від полярних координат в декартові з нормуванням по радіусу для компенсації лінійного стиснення і розтягування сітківки внаслідок змін розмірів зіниці.

2.9 Знаходження ключових точок

2.9.1 Композиція фільтрів Гаусса і оператора Лапласа

Відмінні просторові характеристики сітківки людини проявляються по-різному в різних масштабах. Наприклад, відмінний діапазон структур із загальної форми сітківки до розподілу дрібних криптив і деталей текстури. Для охоплення цього діапазону просторових деталей краще використовувати розкладання уявлення на кілька масштабів.

Система робить ізотропне смугове розкладання, отримане від застосування оператора Лапласа гауссових фільтрів до даних зображення. Ці фільтри можуть бути визначені як

$$-\frac{1}{\pi\sigma^4} \left(\frac{\rho^2}{2\sigma^2} e^{-\frac{\rho^2}{2\sigma^2}} \right),$$

де σ – середньоквадратичне відхилення, ρ – відстань від центру фільтра до точки.

На практиці фільтроване зображення реалізується у вигляді піраміди Лапласа.

Це уявлення описується процедурно в термінах каскаду малих фільтрів Гаусса. Так якщо $\omega = (1 \ 4 \ 6 \ 4 \ 1)^T/16$ є одновимірною маскою, то $W = \omega\omega^T$ є двовимірною маскою, яка виходить як результат зовнішнього утворення. Для заданої області I побудова піраміди Лапласа починається зі згортки I з W , для того щоб отримати набір зображень g_k , отриманих низькочастотною фільтрацією з g_{k-1} за формулою

$$g_k = (W * g_{k-1})_{\uparrow 2},$$

де $g_0 = I$ і $(\downarrow 2)$ позначає зменшення зображення вдвічі в кожному напрямку. Черговий k -ий рівень піраміди Лапласа l_k формується як різниця між g_k і g_{k+1} , Розширенням перед відніманням, таким чином, що він відповідає частоті дискретизації g_k . Розширення досягається шляхом збільшення частоти дискретизації і інтерполяції

$$l_k = g_k - 4W * (g_{k+1})_{\uparrow 2},$$

де $(\uparrow 2)$ означає збільшення зображення в 2 рази шляхом додавання нульових рядків і стовпчиків між рядками і стовпчиками вихідного зображення. Ядро W , що генерується, використовується в якості фільтра інтерполяції, а розподіл на 4 необхідний тому, що 3/4 значень в зображенні – це тільки що вставлені нулі. Отримана піраміда Лапласа, що складається з чотирьох рівнів, є основою для подальшої обробки. При побудові піраміди Лапласа слід безпосередньо створювати її згідно певної процедури.

Подання виводиться безпосередньо з фільтрованого зображення з розміром порядку кількості байт в області сітківки із зображення, яке ми спершу отримуємо. Система зберігає більше наявної інформації про сітківку і могла б бути здатна зробити більш тонкі відмінності між різними сітківками.

					ІАЛЦ.045480.004 ПЗ	Лист
						34
Зм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

2.9.2 Фільтр Габора

Фільтри, засновані на вейвлетах Габора, дуже гарні для виділення шаблонів на зображенні. Розглянемо одновимірний фільтр Габора з фіксованою частотою (fixed frequency 1D Gabor filter) для пошуку шаблонів в розгорнутому зображенні. Вейвлети Габора складаються з двох компонентів, комплексної синусоїдальної несучої і гаусової обвідної:

$$g(x, y) = s(x, y) * w_r(x, y)$$

Комплексна несуча має формулу:

$$s(x, y) = e^{i * (2 * \pi * (u_0 * x + v_0 * y) + P)}$$

параметри u_0 і v_0 являють собою частоти горизонтального і вертикального синусоїда відповідно. P – довільне зрушення фази. Другий компонент перетворення Габора являє собою довільний фазовий зсув. Підсумковий вейвлет формується з синусоїдальної несучої і цієї обвідної, що огинає гаусовий профіль і описується наступним чином:

$$\omega_r(x, y) = K * e^{-\pi * ((a^2) * (x - x_0)^2 + (b^2) * (y - y_0)^2)},$$

де:

$$(x - x_0)_r = (x - x_0) * \cos\theta + (y - y_0) * \sin\theta,$$

$$(y - y_0)_r = -(x - x_0) * \sin\theta + (y - y_0) * \cos\theta,$$

K – постійна масштабування, $(a; b)$ – постійні масштабування осей, θ – постійна повороту, $(x_0; y_0)$ пік обвідної. Щоб отримати вейвлет Габора, ми перемножимо $s(x; y)$ і $\omega_r(x; y)$. Отриманий вейвлет зображений на рис 2.9.

					ІАЛЦ.045480.004 ПЗ	Лист
						35
Зм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

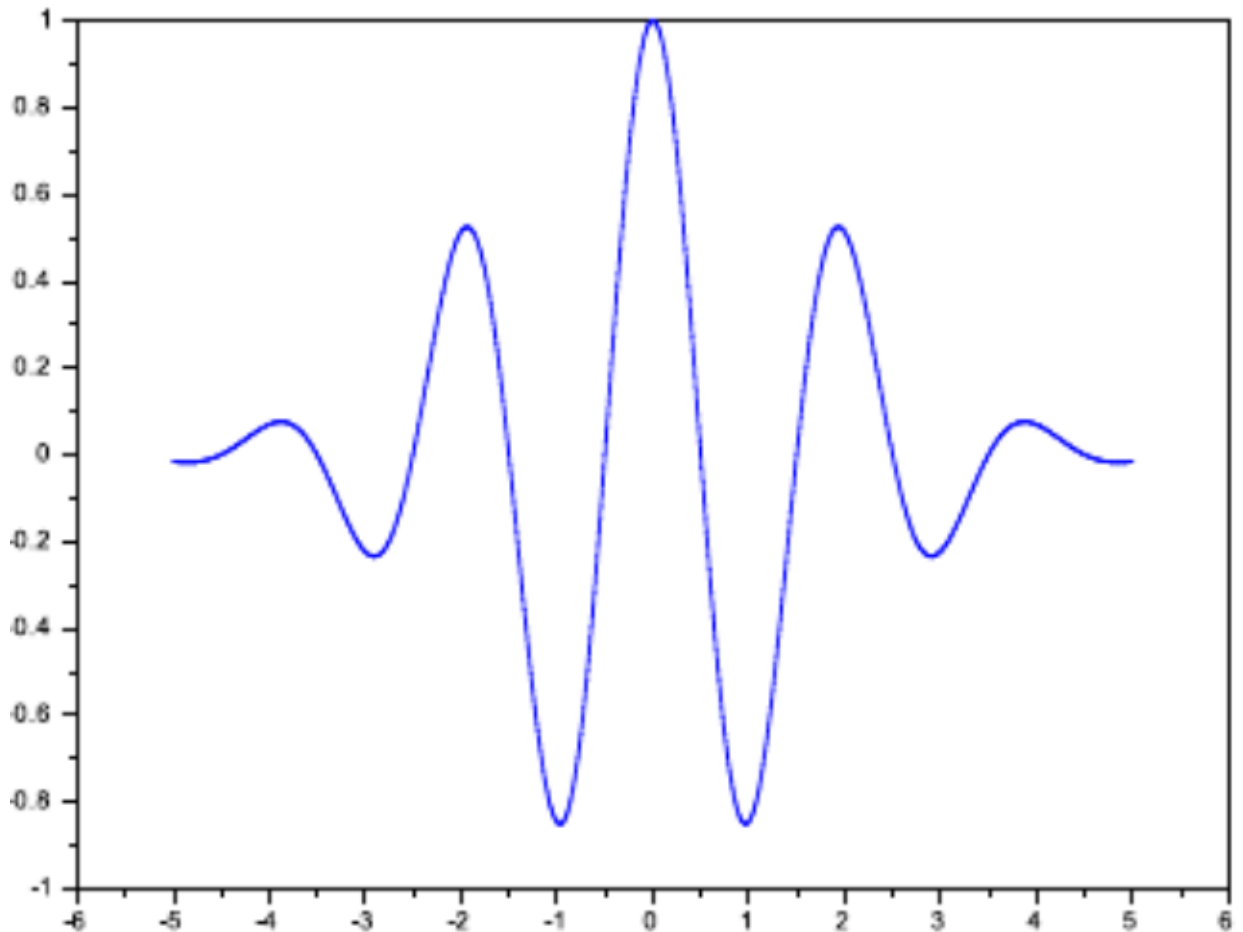


Рисунок 2.9 – Одномірний вейвлет Габора

Розглянеми процес виділення індивідуальних особливостей за допомогою фільтра Габора. Спочатку ми візьмемо колонку шириною в 1 піксель і виконаємо його згортку з одновимірним вейвлетом Габора. Оскільки фільтр Габора комплексний, в результаті ми отримаємо окремо дійсну і уявну частини. Якщо отримане значення більше нуля, зберігаємо 1, інакше зберігаємо 0. Коли всі стовпчики зображення оброблені, ми можемо сформувати чорно-біле зображення, складаючи колонки одна до одної. Дійсна і уявна частини зображення показані на рис. 2.10.



(a)



(b)

Рисунок 2.10 – (a) – дійсна частина коду сітківки; (b) – уявна частина коду сітківки

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ

В цьому розділі були проаналізовані загальні методи дослідження ідентифікації користувача за сітківкою ока. Для того, щоб розробити таке програмне забезпечення, спочатку потрібно чітко розуміти загальну будову зіниці ока людини та її сітківки. Були описані бази даних CASIA, звідки можливо взяти вже готові зображення. Також сформовані загальні способи виділення границь зіниці та її характеристик. Одним з найкращих алгоритмів для виконання цієї задачі є алгоритм Канні.

РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

3.1 Штучна нейронна мережа, як інструмент для здійснення розробки

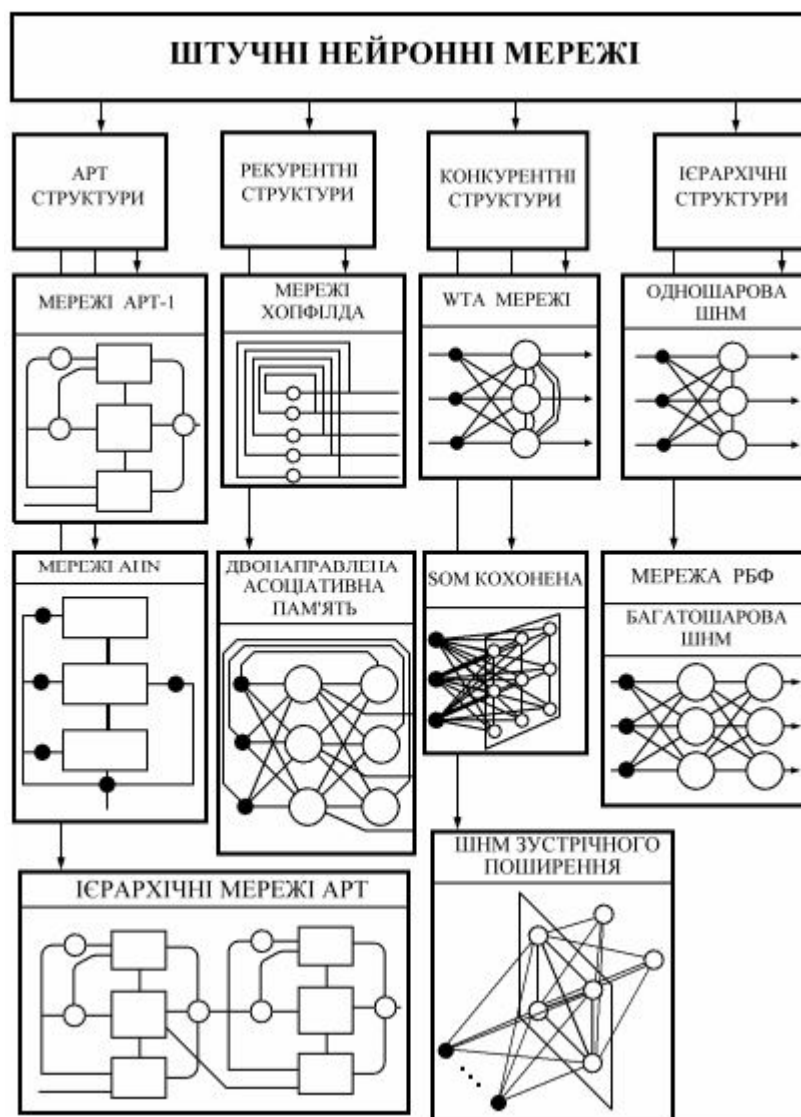


Рисунок 3.1 – Штучні нейронні мережі

Дослідження штучних нейронних мереж пов'язано з тим, що вони дозволяють наблизитися до можливостей обробки інформації людським мозком, який являє собою надзвичайно складний, нелінійний, паралельний комп'ютер

(систему обробки інформації). Мозок має здатність організовувати свої структурні компоненти, так звані нейрони, так, щоб вони могли виконувати конкретні задачі (такі як розпізнавання образів, обробку сигналів органів почуттів, моторні функції) в багато разів швидше, ніж можуть дозволити найшвидкодійні сучасні комп'ютери.

На сьогоднішній день існує багато прикладів використання штучних нейронних мереж для прогнозів, класифікації, оптимізації, розпізнавання образів та багато інших.

Нейронні мережі – обчислювальні структури, які моделюють прості біологічні процеси, що асоціюються з процесами людського мозку. Вони представляють собою системи, здатні до навчання шляхом аналізу позитивних негативних впливів. Елементарним перетворювачем в даних мережах є штучний нейрон або просто нейрон, названий так за аналогією з біологічним прототипом.

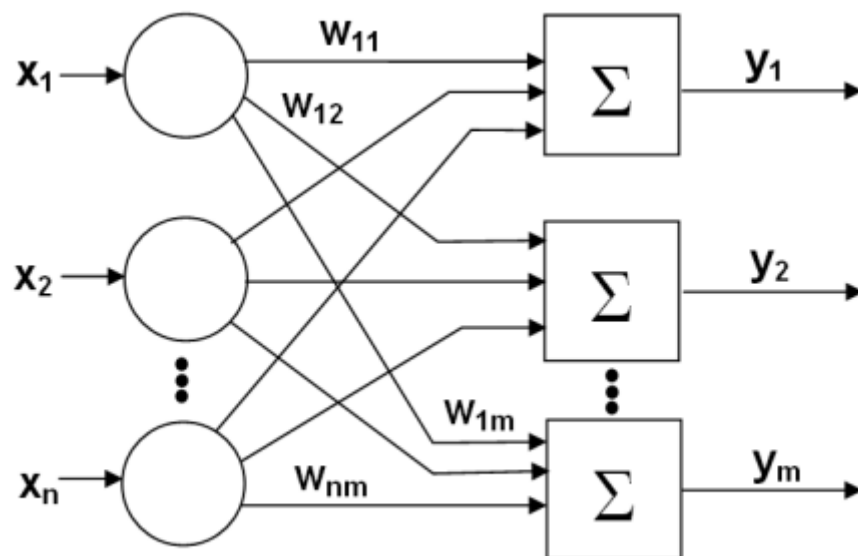


Рисунок 3.2 – Одношарова нейронна мережа

3.1.1 Персептрон, як модель розпізнавання

Персептрон – це математична чи комп'ютерна модель сприйняття інформації мозком людини (кібернетична модель мозку). Він складається з трьох

елементів а саме: сигнали, що поступають від датчика, передаються асоціативним елементам, а потім і регулюючим елементам. Таким чином, персептрони дозволяють створити набір асоціацій між вхідними стимулами та необхідною реакцією на виході.

3.1.2 Алгоритм навчання нейронної мережі

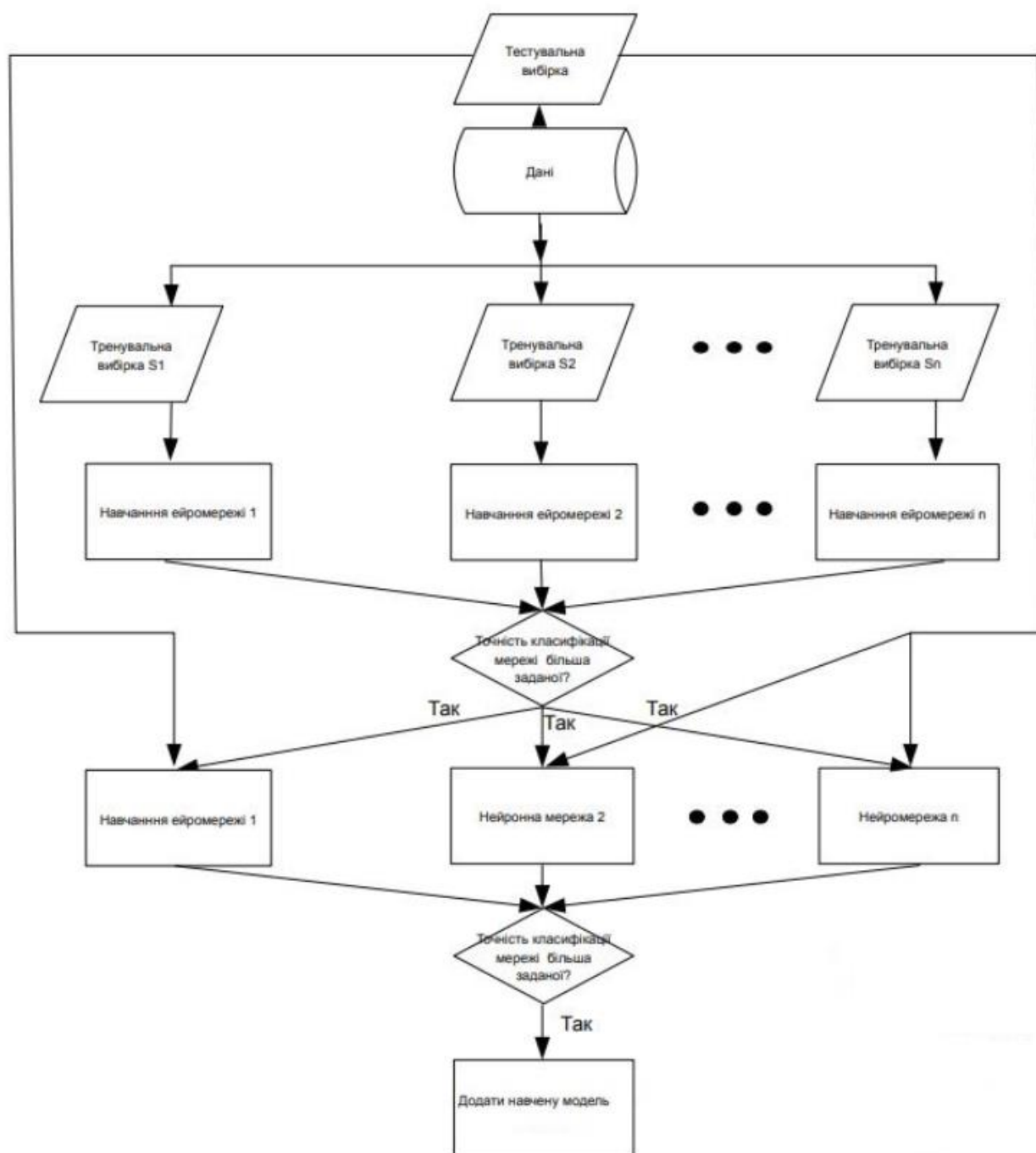


Рисунок 3.3 – Алгоритм навчання нейронних мереж

Розглянемо також згорткові нейронні мережі (рис. 4.3).

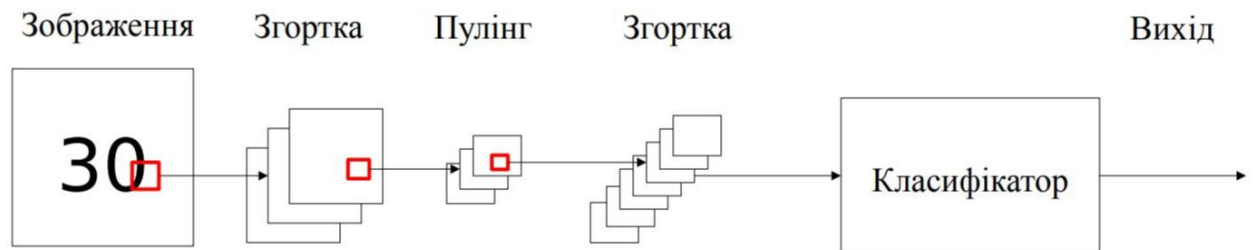


Рисунок 3.4 – Згорткова нейронна мережа

Згорткові мережі являють собою варіацію архітектури багат шарового перцептрон, і включають в себе згорткові шари, шари підвибірки (субдискретизація) і повнозв'язні шари.

Архітектура згорткових мереж використовує переваги двовимірної структури вхідних даних - зображень за допомогою метода локальної зв'язності, обмежуючи кількість зв'язків між нейронами прихованого згорткового шару і вхідними даними. Конкретніше, кожен нейрон згорткового шару зв'язаний тільки з обмеженою локальною ділянкою зображення.

У роботі використовується SSD модель, що показує хороші показники швидкості та точності в завданнях на виявлення об'єктів. Вона розмежовує вихідний простір обмежувальних границь у набір полів за замовчуванням з різним співвідношенням сторін та масштабами за місцем розташування карти функції. На час прогнозування мережа генерує бали за наявність кожної категорії об'єктів у кожному полі за замовчуванням та виробляє коригування поля, щоб краще відповідати формі об'єкта. Крім того, мережа поєднує прогнози з декількох функціональних карт з різною роздільною здатністю для природного огинання об'єктів різного розміру.

3.2 Обґрунтування вибіру мови програмування

Для реалізації даної комп'ютерної системи була обрана мова програмування Python (рис. 4.1). Python – це високорівнева мова програмування, що має загальне призначення та загальне напруження на збільшення продуктивності розробника та зручну читабельність коду. Синтаксис ядра Python мінімалістичний. В той же час стандартна бібліотека містить собі великий обсяг необхідних та важливих функцій.



Рис. 3.5 – Логотип мови програмування Python

Python підтримує структурне, загальне, об'єктно-орієнтоване, функціональне та аспектно-орієнтоване програмування. Його основні архітектурні риси – це динамічна типізація, автоматичне управління пам'яттю, повна інтроспекція, механізм обробки виключень, підтримка багатопоточних виключень, високорівнені структури даних. Також Python підтримує поділ програм на модулі, котрі, в свою чергу, можуть об'єднуватися разом в пакети.

Ця мова проста у використанні, та одночасно повноцінна мова програмування, що дає багато різноманітних засобів для створення структур і підтримки сучасних програм. Також, вона чітко виконує обробку помилок, та,

являючись мовою високого рівня, містить вбудовані типи даних високого рівня, наприклад, гнучкі масиви та словники, ефективне використання яких на С зазвичай займає багато часу.

Python відрізняється від інших мов за багатьма різними критеріями, ось ключові з них:

- Управління пам'яттю виконується повністю автоматично – користувача не повинен займатися розподілом або звільненням пам'яті. Відсутня погроза “небезпечного посилання”. Java – одна мова, що також підтримує таку концепцію.
- Типи, що зв'язані з конкретними об'єктами завжди залишаються незмінними. Це говорить про те, що змінній може присвоюватись значення будь-якого типу та те, що масив може складатися з об'єктів різних типів. Звичайні мови програмування такої функції не мають.
- Операції зазвичай здійснюються в вищому рівні абстракції. Це залежить від того, як розроблена мова та частинно висновок розширеної стандартної бібліотеки кодів, що ідуть в комплекті разом з Python.

Ці та інші можливості Python створюють розгортання додатків досить швидким. Продуктивність розробленого додатку витікає з його особливостей. Звісно, для чисельного алгоритму, що виконує просте підрахування цілого числа в циклі 'for', немає різниці, на якій мові він написаний. Але для “середнього” додатка, збільшення продуктивності є дуже важливим фактором. Але все-таки, один мінус у Python все ж є. Зрівнюючи з найбільш поширеними мовами, можна сказати, що це - не повністю компільована мова; крім цього, вона не повністю видає програму до внутрішньої форми байт-коду, і цей байт-код виконується інтерпретатором Python. Але, загально кажучи – сучасні комп'ютери містять настільки багато обчислювального потенціалу, який не використовується, що для дев'яноста відсотків ресурсів швидкість роботи прямо пов'язана з вибором

мови програмування. Java теж переходить в байт-код, але на сьогоднішній день виконує роботи повільніше ніж Python у переважній кількості випадків. Ще, як перевага є те, що не складно з'єднати Python з модулями, розробленими на C або C++, котрі можна використовувати, для покращення швидкості роботи програм в певних ділянках.

3.2.1 Переваги Python

Вибір мови програмування для розробки неспроста впав саме на Python. Ця мова має багато переваг в використанні. Перелічимо їх:

- Інтерпретатор Python реалізований практично на всіх платформах та операційних системах. Він написаний на C і вихідний код доступний для будь-яких маніпуляцій. У випадку необхідності можна вставити його в свою програму та використовувати як вбудовану оболонку. Або ж, написавши на C свої доповнення, отримати “розширений” інтерпретатор з новими можливостями.
- Розширюванність мови (є можливість удосконалювати мову усіма зацікавленими програмістами)
- Наявність великої кількості модулів, що підключаються до програми, які забезпечують різноманітні додаткові можливості. Наприклад: Numerical Python (розширені математичні можливості (маніпуляція з цілими векторами та матрицями)), Tkinter (використання графічного інтерфейса користувача), OpenGL (використання великої бібліотеки графічного моделювання дво- та тримірних об'єктів) та багато інших.
- Простота та гнучкість мови.

Завдяки всім вище перерахованих перевагам мови, Python може використовуватись користувачами (математиками, фізиками, економістами та

ін.), що не є програмістами, але використовують обчислювальну техніку в своїй роботі.

3.2.2 Недоліки Python

Єдиним недоліком мови є порівняно невисока швидкість виконання Python-програми, що обумовлено її інтерпретованістю. Проте переваги значно більші у програмах не дуже критичних щодо швидкості виконання.

Таким чином, порівнявши переваги та недоліки Python, можна зробити висновок, дана мова програмування являється чудовим вибором для розробки комп'ютерної системи, що виконує розпізнавання користувача по сітківці ока.

3.3 Використання Python бібліотек для спрощення розробки

Для спрощення написання комп'ютерної системи по ідентифікації користувача за сітківкою ока в роботі були використані спеціальні Python бібліотеки. Вони значно прискорили розробку ресурсу та ідеально підійшли для використання. Це бібліотеки TensorFlow, Keras та NumPy. Розглянемо їх по конкретніше.

3.3.1 Бібліотека TensorFlow

TensorFlow – це відкрита програмна бібліотека, призначена для машинного навчання. Вона була розроблена компанією Google з ціллю рішення задач побудови та навчання нейронних мереж. Тобто, використовується для автоматичного знаходження та класифікації певних образів, досягаючи якості людського сприйняття. Основний API бібліотеки реалізований саме для мови

					ІАЛЦ.045480.004 ПЗ	Лист 45
Зм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

програмування Python, але також існують реалізації і для C Sharp, Java, Go, Haskell та ін..

TensorFlow являється відкритим фреймворком машинного навчання для тих випадків, коли потрібно обробити великі масиви даних та коли є необхідність в навчанні крупних глибоких нейронних мереж. Тобто, він призначений для проектування, створення та вивчення моделей машинного навчання. Ми використовуємо цю бібліотеку ,взагалі кажучи, для проведення чисельних обчислень. Саме по собі використання не здається специфічним та необхідним, однак ці обчислення спрощуються за рахунок використання data-flow графів. В таких графах вершини представляють собою дані, які зазвичай представляються в виді багатовимірних масивів чи тензорів, що спілкуються між цими ребрами.

Конструювати нейронні мережі на TensorFlow стає ще простіше, якщо знати надбудову Keras.

3.3.2 Бібліотека Keras

Keras – відкрита нейронномережева бібліотека, написана на мові Python. Вона зручна та відрізняється простотою прототипування, чого бракує бібліотеці TensorFlow. Keras представляє об'єктно-орієнтоване програмування та пошарове моделювання нейронних мереж. Всього за декілька рядків коду можна створити нейронну мережу прямого розповсюдження за допомогою абсолютно стандартних методів, таких як регуляризація.

Ця бібліотека містить багаточисленні методи реалізації широко використовуваних блоків нейронних мереж, таких як шари, цільові та передавальні функції, оптимізатори та багато інших інструментів для спрощення роботи з зображеннями та текстом. Keras являється реалізацією TensorFlow специфікації Keras API. Це високорівневий API для побудови та навчання моделей, що включають першокласну підтримку для TensorFlow-специфічної

					ІАЛЦ.045480.004 ПЗ	Лист
						46
Зм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

функціональності, такої як eager execution, конвертери data та Estimators. Keras робить використання TensorFlow простішим, при цьому не жертвуючи гнучкістю і продуктивністю.

В Keras ми збираємо шари (layers) для побудови моделей (models). Модель це, зазвичай, граф шарів. Їх доступно багато різновидів. Шари, що є в роботі, використовують спільний конструктор аргументів:

- activation: Установка функцій активації шару. В цьому параметрі вказується ім'я вбудованої функції або об'єкт, що викликається. У параметру відсутнє значення за замовченням;
- kernel_initializer та bias_initializer: Схеми ініціалізації, що створюють ваги шару (ядро та здвиг). В цьому параметрі може бути ім'я чи об'єкт, що викликається. За замовченням використовується ініціалізатор "Glorot uniform";
- kernel_regularizer та bias_regularizer: Схеми, що регулюють додані до ваг шари (ядро та здвиг), такі як L1 чи L2 регулювання. За замовченням не встановлюється.

3.3.3 Бібліотека NumPy

NumPy – це бібліотека з відкритим вихідним кодом для мови програмування Python. Її можливості:

- підтримка багатовимірних масивів (включаючи матриці);
- підтримка високорівневих математичних функцій, що призначені для роботи з багатовимірними масивами.

Математичні алгоритми, реалізовані на інтерпретованих мовах (наприклад, Python), часто працюють повільніше ніж ті алгоритми, що реалізовані на компільованих мовах (наприклад, Фортран, Сі, Java). Бібліотека NumPy представляє реалізацію обчислювальних алгоритмів (в виді функцій та

операторів), що оптимізовані для роботи з багатовимірними масивами. В результаті будь-який алгоритм, який може бути виражений в виді послідовності операцій над масивами (матрицями) та реалізований з використанням NumPy, працює так само швидко, як і еквівалентний код, що виконується в, наприклад, MatLab.

Тобто, можна зробити висновок, що NumPy – це бібліотека мови Python, що додає підтримку великих багатовимірних масивів та матриць, разом з великою бібліотекою високорівневих (та дуже швидких) математичних функцій для виконання операцій з цими масивами.

3.4 Опис інтерфейсу та тестування

Користувацький вигляд даної розробки був створений з використанням стандартної python бібліотеки – tkinter. Цей дадоток пришвидшив та допоміг легко розробити зручний інтерфейс, що відображений на рисунку 4.5.

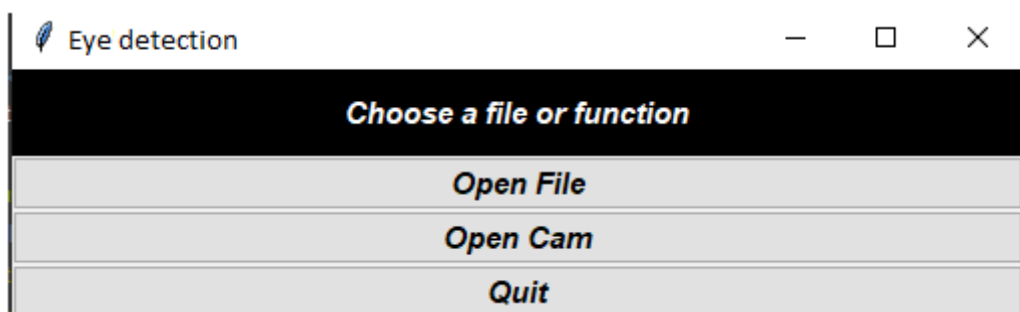


Рисунок 4.5 - Інтерфейс системи ідентифікації

При відкритті програми, відкривається вікно, яке має в собі чотири основні опції для вибору.

Перша опція (зверху) – поле міток. Сутність поля перемінна в відповідності до стану програми. Допомагає сповіщати користувача про можливості взаємодії

з програмою, про те, що виконується обробка зображення. Також, саме у цьому полі може виводитись результат розпізнавання.

Другий елемент - кнопка вибору файлу. Програмне забезпечення надає можливість вибору файлу, який потрібно проаналізувати та обробити. За допомогою цієї кнопки, можна вибрати фото файли, такі як “.jpg”, “.png” або відео файли, такі як “.avi”, “.mp4”, “.flv”. В залежності від файлу, який був вибраний користувачем, буде викликано програмний модуль, який буде обробляти даний файл та виконувати розпізнавання об'єктів.

Якщо користувач вибрав “.jpg” або “.png”, то результат виконання модуля, а як наслідок, розпізнавання об'єктів, відобразиться у полі міток, додасться ще один елемент над полем міток. Цей елемент - це оброблене фото, на якому система виділила розпізнані об'єкти.

У випадку, якщо користувач вибрав відео файл, то система створить нове вікно, у якому буде відтворюватись відео фрагмент та проходити процес розпізнавання об'єктів.

Третій елемент - кнопка вибору камери. Система надає можливість вибору пристроя введення графічної інформації для розпізнавання об'єктів в реальному часі. При виборі користувачем даного функціоналу, програмне забезпечення створить нове вікно, у якому буде оброблятися потік відеоданих за допомогою модуля, який аналізує відеофрагменти в реальному часі та виводить результат розпізнавання прямо у потік даних.

Останній елемент - кнопка виходу з системи. Дана кнопка ініціює функцію, яка завершує програму.

3.4.1 Тестування модуля фото розпізнавання

Розроблений модуль розпізнавання об'єктів на фото зображеннях має різну поведінку на різних вхідних зображеннях. Опис результатів наведені далі.

					ІАЛЦ.045480.004 ПЗ	Лист
						49
Зм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Тест-кейс 1. Опис зображення: обличчя чітко видиме, добре освітлене, немає шумів, розмір фото - середній, на фото передня частина обличчя відомої людини, Барака Обама. На рисунку 4.5, зображено результат роботи тест-кейсу 1.

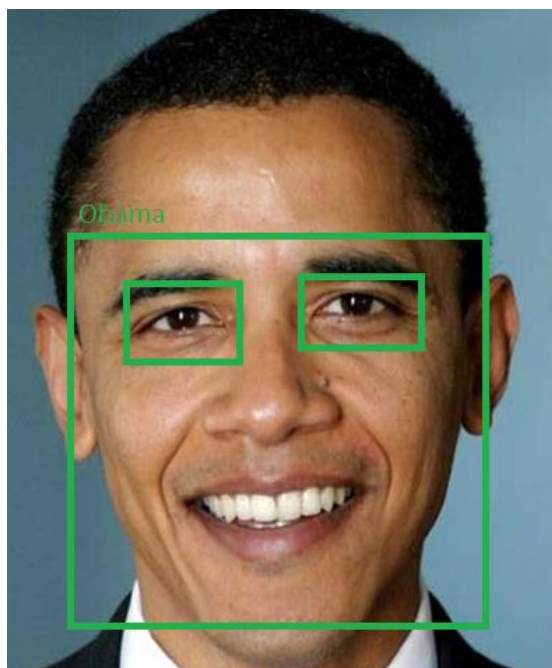


Рисунок 3.6 – Результат текст-кейсу 1

Можна побачити, що по результатам даного тест-кейсу, система коректно розпізнала дану особистість, вивела впевненість системи у прогнозі, марку, ідентифікації та підтвердження особистості розпізнаного образу.

3.4.2 Тестування модуля відео розпізнавання

Розроблений модуль розпізнавання об'єктів на відео фрагментах має різну поведінку, яка залежить від вмісту вхідного зображення. Опис результатів наведений далі.

Тест-кейс 2. Опис відеофайлу: На відео фрагменті образ добре освітлений, немає шумів, розширення відеофайлу - 720р. На скріншоті з відео фронтальної

відеокамери ноутбука можна побачити розпізнаного власника – Hennadiy. На рисунку 4.6, зображено результат тест-кейсу 2.

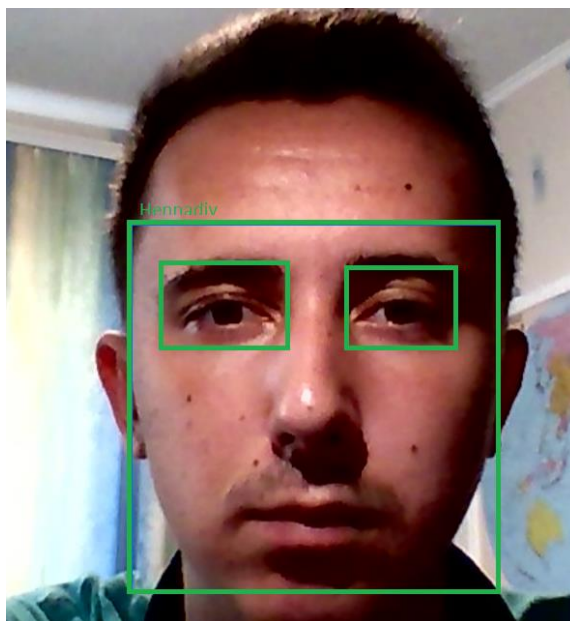


Рисунок 3.7 – Результат тест-кейсу 2

Можна побачити, що по результатам даного тест-кейсу, система коректно розпізнала даного користувача та вивела впевненість системи у прогнозі. Також, на відеофрагменті позначено границі розпізнаного об'єкту.

ВИСНОВКИ

Даний дипломний проєкт був присвячений створенню комп'ютерної системи розпізнавання користувача за сітківкою ока. Перед початком роботи було проаналізовано предметну область розпізнавання графічних образів, оцінено загальну необхідність такого програмного забезпечення, розглянено головні цілі розробки та сформовано основні та необхідні аспекти роботи. Рішення проблеми надійного захисту інформації кожного користувача на сьогоднішній день є однією з найбільш пріоритетних задач. Так як сітківка ока кожної людини унікальна, спосіб підтвердження ідентичності та особливості користувача, скануючи його сітківку, являється дуже хорошим та надійним рішенням.

Також, був обґрунтований вибір мови програмування для розробки, самих технологій, використання бібліотек машинного навчання для прискорення та спрощення написання системи бібліотек для графічного інтерфейсу. В роботі був також проведений огляд та аналіз методів, що використовуються при ідентифікації людини за сітківкою ока. Наприклад, при визначенні границь зіниці ока людини найбільш часто використовуваним та ефективним є алгоритм Канні або, як альтернатива, метод Даугмана.

Таким чином, розроблена комп'ютерна система здатна ідентифікувати певну, зареєстровану людину, за сітківкою її ока. Ця процедура може здійснюватись по фото зображення, відео або з використання веб-камери пристрою, тобто в реальному часі. Додаток виділяє границі обличчя та зіниці розпізнаної людини та виводить його унікальний користувацький ідентифікатор. Вся ця робота закріплюється зручним інтерфейсом користувача, що дає змогу без лишніх зусиль користуватися основними функціями системи.

					ІАЛЦ.045480.004 ПЗ	Лист
						52
Зм	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Обзор методов идентификации человека по сетчатке глаза: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-metodov-identifikatsii-cheloveka-po-raduzhnoy-obolochke-glaza/viewer>
2. Створення нейронної мережі для розпізнавання зображень: URL: <https://habr.com/ru/post/321834/>
3. Нейронная сеть с использованием TensorFlow: классификация изображений: URL: <https://habr.com/ru/post/426797/>
4. Классификатор изображений на Python с помощью библиотеки TensorFlow: URL: <https://tproger.ru/translations/image-classifier-tensorflow/>
5. Перцептрон: URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D1%86%D0%B5%D0%BF%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD>
6. Keras: the Python deep learning API: URL: https://keras.io/getting_started/
7. Штучна нейронна мережа: URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A8%D1%82%D1%83%D1%87%D0%B%D0%B0_%D0%BD%D0%B5%D0%B9%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B0_%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B6%D0%B0
8. Нейронні мережі - шлях до глибинного навчання: URL: <https://codeguida.com/post/739>
9. Глибокі Нейронні Мережі для Вирішення Завдань Розпізнавання і Класифікації Зображення: URL: <http://itcm.comp-sc.if.ua/2017/Sineglazov>
10. Згортовка нейронна мережа – просте пояснення CNN та її застосування: URL: <https://evergreens.com.ua/ua/articles/cnn.html>
11. Изучение NumPy с визуальными примерами: URL: <https://python-scripts.com/numpy>